

高架橋を供用させたままでの下部工撤去・再構築手法の検討

木村 颯希¹・小林 征治²

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 調査課 (〒573-1191 大阪府枚方市新町2-2-10)

²近畿地方整備局 道路部 道路工事課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

京奈和自動車道大和北道路の岩井川橋梁は、奈良県奈良市八条地先において八条高架橋をアンダーパスする計画である。この際、八条高架橋の既設橋脚が大和北道路専用部と干渉するため、専用部をまたぐ門型橋脚に改築する必要がある。国道24号は45,000台/日の交通量を支える重交通路線のため通行止めは困難であり、現道交通を確保したまま既設上部工の仮受・既設橋脚撤去・新設門型橋脚構築を行わなければならない。このような厳しい条件下における橋脚の仮受・改築計画の検討を行った。本稿では構造的な制約条件の整理を行うとともに、各種構造案の検討を行った結果を報告するものである。

キーワード 供用中橋梁の改築, 仮受構造, 維持管理性, 仮受期間の短縮

1. 大和北道路 八条高架橋交差部の概要

大和北道路は京奈和自動車道のうち未開通の奈良北IC（仮称）～郡山下ツ道 JCT までの延長約 12.4 km の道路であり、平成 21 年 3 月に奈良 IC（仮称）以南、平成 30 年 4 月に全線が事業化されている。また、全線事



図-1 大和北道路の概要

業化に合わせて全区間に有料道路事業との合併施工が導入されている。(図-1)

大和北道路は奈良県奈良市八条地先の岩井川渡河部において、国道 24 号八条高架橋をアンダーパスする計画である。(図-2) この際、既設の P7 橋脚が大和北道路専用部（以下「専用部」という）として新設する橋梁と直接干渉するため、既設 RC 張出式橋脚を鋼製門型橋脚に改築した上で専用部下り線を通す計画である。国道 24 号は 45,000 台/日を支える重交通路線であることから通行止めを行うことは困難であり、現道交通を確保したままでの橋脚の改築を行う必要があるが、このような事例はほとんど見受けられない。

また、専用部の建築限界を確保すると同時に、岩井川からの余裕高も確保する必要がある、鉛直方向の制約が厳しい箇所である。

周辺環境としては、JR 関西本線及び岩井川に近接しているほか、八条地区の民家が立ち並んでおり、施工ヤードの確保が難しい箇所である。

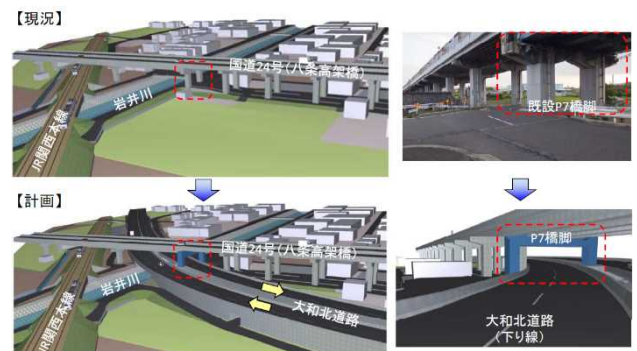


図-2 八条高架橋交差部 概略図

2. 計画条件

(1) 既設八条高架橋 構造諸元

既設橋脚の構造諸元は表-1の通りである。

今回撤去再構築の対象となっている P7 橋脚は、図-3に示すように P6 側が鋼桁、P8 側が PC 桁の掛け違い橋脚である。そのため、梁高が両側で異なるほか、鋼桁・PC 桁の異なる特性を踏まえた設計を行う必要がある。

(2) 新設P7橋脚設計の制約条件の整理

a) 上下線の間柱を設置することが必要

門型橋脚を設置するにあたり、専用部上下線を連続して跨ぐことは、梁が長スパンとなるため、後述の梁高制約条件下では構造が成立しない。よって門型橋脚の柱を上下線の間柱に設置する必要があることから、柱の幅が制限される。そのため、柱幅は2.3mに制限されている。

b) 仮受時における支点位置の変化への対応

既設橋脚を撤去し新設橋脚を設置するまでの間、上部工の支点位置が少なくとも一時的に、あるいは場合によっては恒久的に変化するため、既設の上部工に対しても支点位置変化に伴う補強等を施すことが必要になる。

c) 仮受構台の耐震性確保が必要

重交通路線である国道 24 号を供用しながら改築する必要があるため、下部工撤去に際して上部工を仮設構台に受け替える必要がある。仮受期間は長期間に亘るため、仮設構台にもレベル 2 地震動に対応できる耐震性能をもたせる必要があり、大掛かりな仮設構造物を構築する必要がある。

表-1 八条高架橋 構造諸元

		下り線	上り線
幅員		総幅員 W=9.0 m (車道部 7.0 m)	総幅員 W=9.0 m (車道部 7.0 m)
橋長	起点側	53.0 m	44.0 m
	終点側	19.6 m	117.6 m (6@19.6 m)
上部工	起点側	鋼単純合成箱桁橋	鋼単純合成箱桁橋
	終点側	PC 単純 プレテン T 桁橋	PC 6 径間連結 プレテン T 桁橋
下部工	橋脚形式	RC 張出式橋脚 (単柱式)	RC 張出式橋脚 (単柱式)
	基礎構造	場所打杭 (φ=1.0m, L=16.0m) 14 本	場所打杭 (φ=1.0m, L=16.0m) 12 本
	橋脚高	起点側: 12.7 m 終点側: 14.356 m	起点側: 12.5 m 終点側: 14.156 m
	フーチング 床付高	▽ 51.590	▽ 51.790

3. P7橋脚改築における課題の抽出

供用中である P7 橋脚の撤去再構築にあたり、新設橋脚は既設 P7 橋脚との干渉を極力回避し、道路中心に対して対称に配置し、フーチング床付高を既設橋脚と揃えるのが標準的な構造となる。(図-4)

一般的な施工手順としては①仮受構台設置②既設橋脚撤去③新設橋脚構築④仮受構台撤去の順となる。今回の計画でこのような標準的な改築構造とした場合、以下の点が課題として抽出される。

(1) 梁高が限られており構造的に厳しくなる

専用部が門型橋脚の梁下を通過するため、その建築限界を考慮すると梁高が最大 1.1 m に制限される。梁支間を 17.3 m とすることで構造を成立させることが可能であるが、その際には板厚が 93 mm と上限値に近いものを使用する必要がある。この場合施工において現場溶接が必須となるほか、鋼重が増大し大規模な重機を用いる必要が生じる。

(2) 既設橋脚と新設橋脚が干渉する

新設橋脚にはアンカーフレームを設置することが必要となるため、標準的な配置では既設橋脚と新設橋脚のフーチングが干渉することになり、新設橋脚を構築する前に既設橋脚をすべて撤去する必要が発生する。

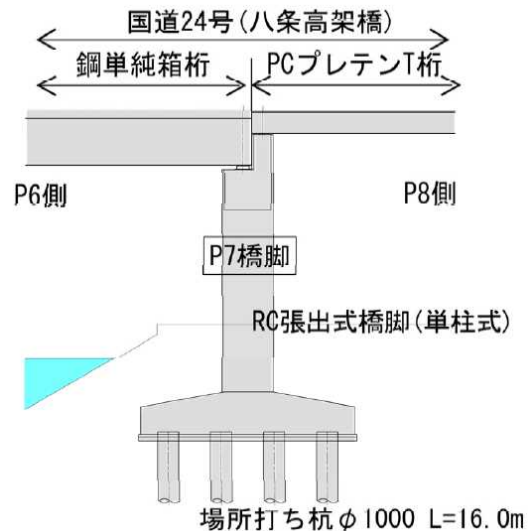


図-3 P7 橋脚概略図

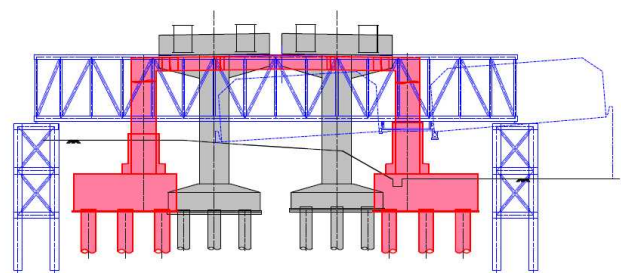


図-4 標準的な構造図

(3) 受け替え期間が長期に亘る

仮受構台を用いる期間が 22 ヶ月程度と長くなるため、上部工の応力変化の影響を考慮するとこれを短縮することが肝要である。

(4) 仮受構台の耐震性を確保する必要がある

仮受構台による受け替え期間が長期間に亘ることから、仮設構造物に本設構造物並みの性能をもたせることが必要となる。

(5) 上部工に作用する応力が変化する

仮受を行うに際して、一時的もしくは恒久的に現在の支点とは異なる位置で上部工を支える必要が生じるため、上部工に作用する応力が図-5の通り変化する。このため上部工に対して補強を行う必要があるが、既設鋼桁に対する補強の事例は多く存在するものの今回の終点側桁のように既設 PC 桁に対する支点位置変更に伴う補強を行った事例は少ない。

4. 構造的な課題に対する対応策の検討

(1) 改善案を検討する上での着眼点

今回の検討では、標準案に対して発生する前述の課題を解消するための対応策の検討を行った。その際の着眼

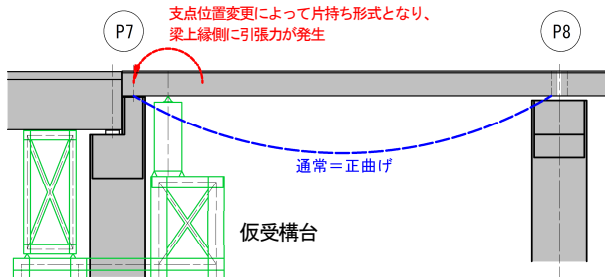


図-5 仮受時における作用応力変化の概念図

点は以下の項目である。

a) 新設門型橋脚の梁構造の応力抑制

梁高を低く抑えるため鋼材厚が厚くなることを回避するため、梁支間を短縮することにより梁にかかる応力の抑制が可能であるかの検討を行った。

b) 既設橋脚と新設橋脚の干渉回避

標準的な案では干渉を回避できないが、橋脚を斜めにしたり途中で曲げたりすること、あるいは橋脚フーチング床付位置を変更することによって既設橋脚との干渉が回避できないか検討を行った。干渉の度合いが小さくなることによって、既設橋脚を使用しながら構築できる範囲が大きくなり仮受が必要な工程が少なくなるので、仮受期間を短縮することにつながる。

c) 仮受構台のコスト縮減

本設計では仮設構造物が大規模となるため、このコスト縮減が重要となる。コストが縮減できる構造の検討を行い、新設構造物との併用も合わせて検討した。また、仮受構台を省略できないかの検討を行った。

d) 既設上部工に作用する応力変化の低減

既設上部工への負担を小さくするためには、応力変化する期間を短くすることが必要となるので、その削減手法の検討を行った。なお、この場合門型橋脚の梁が既設梁の回避のために特殊な形状となったり、施工段階に応じ梁形状を変化させたりと形状が複雑化することが懸念され、これは維持管理の観点からは好ましくない。

(2) P7橋脚改築工法の検討

以上の課題を踏まえ、それぞれの着眼点に則り、各構造について検討を行った。今回検討した案は表-2の通りである。第1案から第4案までが仮設構造物で仮受けをすることを前提として新設 P7 橋脚の構造検討を行ったものである。第5案から第8案までは、仮設構造物を省略し、永久構造物に直接受け替えることを検討したものである。まず次節において第1案から第4案の新設 P7

表-2 検討案の比較表

		評価	梁部材厚	干渉	仮受期間	仮受梁形式・支間長	
橋脚構造 に着眼	第1案 標準構造	○	93 mm	フーチング・梁	22 か月	トラス/箱	40 m
	第2案 梁支間短縮	○	54 mm	フーチング・梁・杭	22 か月	箱	30 m
	第3案 傾斜橋脚	△	93 mm	梁のみ	17 か月	トラス/箱	50 m
	第4案 フーチング位置変更	△	93 mm	梁のみ	17 か月	トラス/箱	50 m
仮受構造 に着眼	第5案 新設フーチング活用	○*	93 mm	なし	17 か月	箱	30 m
	第6案 口の字梁恒久	△*	93 mm	なし	2 か月	-	-
	第7案 既設梁の活用	△*	93 mm	なし	2 か月	-	-
	第8案 梁形状変更	○*	93 mm	なし	5 か月	-	-

*第5案～第8案の評価は、第4案の構造が採用可能であることを前提としている

橋脚の検討の流れを概観する。続いて再構築が前提となっている仮受構台の構造の検討を行う。最後に第5案以降の仮設構造物の省略可能性について論じる。

(3) P7橋脚構造の検討

まずは P7 橋脚の構造に着目して検討を行う。検討を行ったのは図-6に示す4案である。

a) 第1案：標準案

第1案が標準的な構造となり、前節までに論じた課題が存在している。第2案以降で、これらの課題への解決・緩和を試みた。

b) 第2案：梁支間短縮案

第2案は、標準案の課題である梁支間を短縮することにより梁の部材厚を小さくすることを検討したものであり、専用部下り線を跨ぐという条件のもとで極力構造規模を小さくしたものとイえる。梁スパンを短くすることにより梁に用いる鋼材厚を薄くすることができ、施工性が向上する。仮受構造物についても短支間となるため、仮設梁をトラスから箱梁にすることも可能となり、経済性に優れる。一定程度ヤードを確保することが可能となっているという点でも他案と比べ有利である。

一方で、フーチングを一体化しているなど既設構造物との干渉が大きく、既設杭とも干渉することから既設橋脚の撤去から新設橋脚の再構築完了までの長期間にわたり仮受けすることが必要となり、その期間は 22 ヶ月と想定されている。

c) 第3案・第4案：既設構造物との干渉の回避

第2案では新設構造物の構造を最適化することを重視

していたために干渉の度合いが大きくなり、仮受期間が長くなるという課題が発生していた。第3案および第4案では、干渉を極力避ける構造の検討を行った。基礎の干渉を避けることによって基礎の撤去時に仮受する必要がなくなる（あるいは撤去せず存置が可能となる）ため、その分だけ仮受期間を短縮することができる。具体的には、第1案・第2案の 22 ヶ月程度に対し、これらの案では 17 ヶ月程度と想定されている。

第3案では傾斜橋脚を用いて外側に新設橋脚の基礎を設置することで、既設基礎との干渉が回避可能となる一方、柱を傾斜させる必要があり構造自体が複雑になってしまう。

第4案では、フーチング位置を既設基礎よりも上に上げることによって干渉を回避している。第3案と比べ構造が複雑ではなく経済性は有利であると考えられるが、フーチング下に既設構造物が存置されることによる影響を考慮する必要がある。

いずれの案も、新設基礎位置が標準案よりも外側に設置されることになるため、仮設構造物の支間が最も長くなることも課題として挙げられる。

(4) 仮受構台の検討

前節において検討した案は、すべて仮受構台の構築による受け替えを前提としているため、これについて検討を行う必要がある。ここでは、梁と柱の2部材に分けて検討を行った。

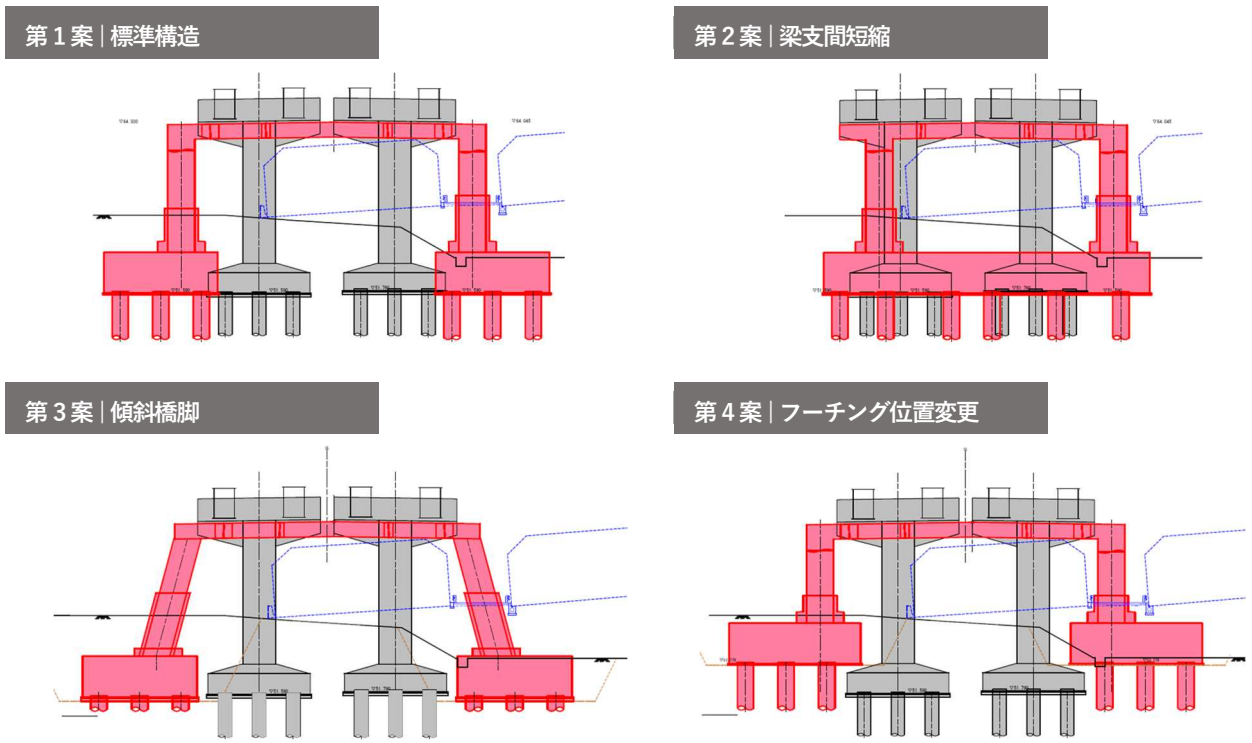


図-6 P7 橋脚構造案 概略図

a) 梁構造の検討

仮受構台は、大反力の主桁（鋼箱桁 5500kN、PCT 桁側 2100kN）を支持することになり、また既設構造物を避ける必要があることから長径間となる。このため、仮受構台の梁構造については、箱構造とトラス構造について経済性比較を実施した。なお、既設主桁反力が鋼桁と PC 桁で大きく異なるため、それぞれのケースにおける検討を行っている。

支間が短い場合であれば箱梁のほうが経済的に有利であるが、長支間となった場合には、大反力を支持することとなるためトラス梁の方が有利となる。本検討においては、支間 35m までは鋼桁側・PC 桁側共に箱断面構造の方が経済性に優位となった一方で、支間 35m を超えると鋼箱桁側の梁構造はトラス構造が優位となった。

これを踏まえて前節において述べた 4 案に対する仮受構造を検討すると、第 2 案については新設構造物がコンパクトになり仮受構台の梁支間縮減が実現し、鋼桁・PC 桁ともに経済的に優位な箱梁構造で支えることが可能となった。他の案では支間長が長いため、仮受構造としてはトラス梁（鋼桁側）・箱梁（PC 桁側）の併用となる。

b) 柱構造の検討

柱については、基本案となる鋼管支柱とコスト縮減の観点から検討される RC 柱が考えられる。しかし今回のケースについては RC 柱を使うことによって大規模な基礎構造を構築する必要が生じることから、結果的には鋼管支柱を用いたほうがコスト縮減の観点からも優位となる。

ることが判明した。

(5) 新設橋脚と仮受構造物の共用案の検討

工期・経済性共に仮受構造物の占めるウェイトが大きくなることから、これを省略することによって工期短縮・経済性の観点からも有利になるため、仮受構造を省略し新設橋脚に直接受け替える構造の検討を行った。なお、これらの案は全て既設橋脚と新設橋脚が干渉しない構造とする必要があるが、基本的な考え方は第 4 案と同様にフーチング位置を変更することによって既設橋脚を回避することとしている。検討した案は図-6 の通りとなる。

a) 第 5 案：フーチングの共用

第 5 案は、仮受構台を全て省略するのではなく、基礎部分を新設橋脚と共有することとした案である。なお、新設橋脚の構造としては第 4 案とほぼ同一のものを構築することが必要である。

仮受基礎を省略することができるのと同時に、第 4 案に比べ仮受梁の支間長を短縮することができることがメリットである。梁支間は 30m 程度となり、鋼桁・PC 桁ともに箱梁構造で支えることが可能となるので、コストの観点からは有利となる。

一方で、基本的な構造は第 4 案と変わらないため、仮受期間や構造上のデメリットは第 4 案と同様である。

b) 第 6 案：口の字型に新設梁を設置する案

既設橋脚の梁を避けるために、橋脚の両側に迂回する形で新設橋脚の梁を設置する案。これによって、既設橋

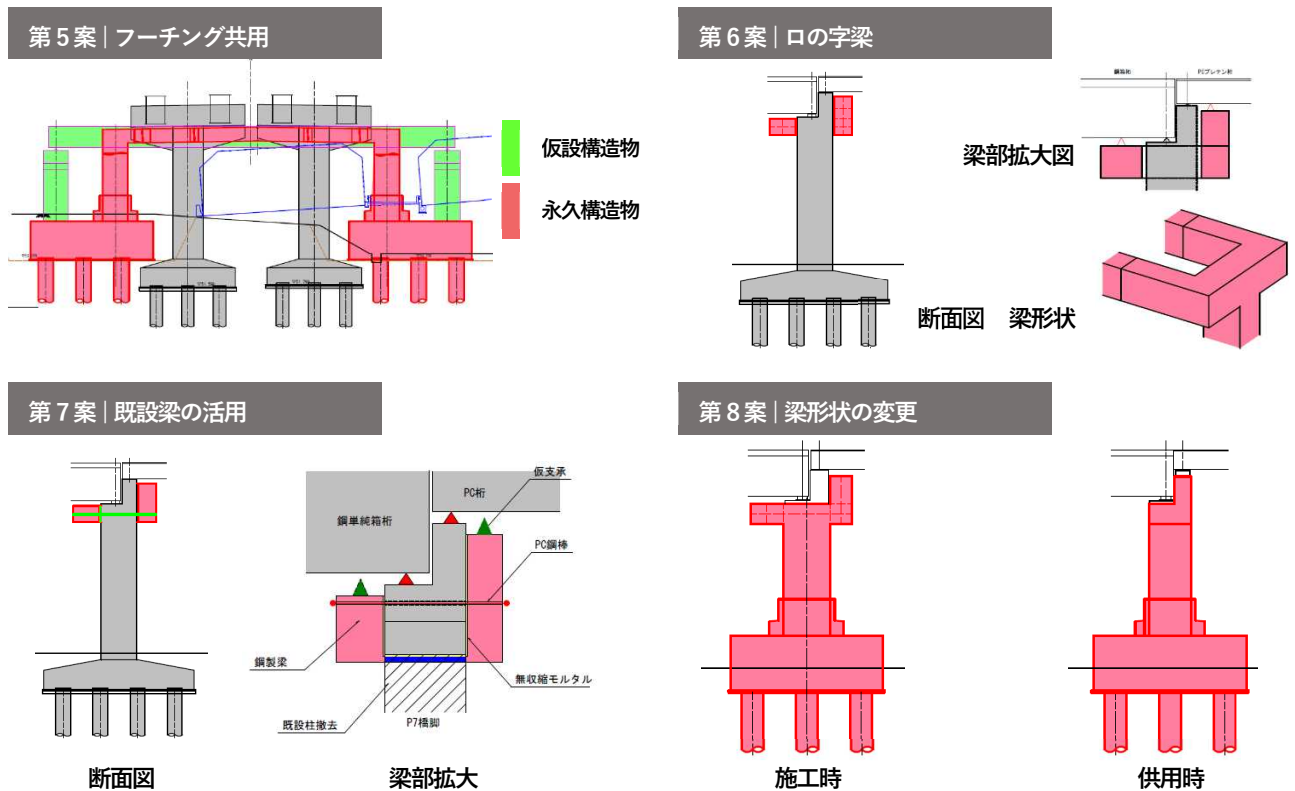


図-7 仮受構台共用案 概略図

脚から直接新設橋脚に受け替えを行うことが可能となり、仮設構台を省略することが可能である。なお、この場合においてジャッキアップ等による仮受が必要となるが、その期間は2ヶ月と短縮されるうえ、仮受構台による支持と比較して安全性が高い。

一方で、支点位置が恒久的に変わってしまうことに構造上の課題がある。上部工への作用応力が永久的に変化することから、大規模な主桁の補強が必要となる。PC桁の補強に関する施工事例は少ないことから、構造を実現させることは困難となることが予想される。

c) 第7案：既設橋脚の梁を活用する案

第6案では上部工への作用応力が変化することが課題となっていたが、既設橋脚の梁をそのまま存置することによって、支点位置の変更を避けることが可能となる案である。

図のように新設構造物の梁で左右から挟み込みPC鋼棒で固定し、既設梁部を柱部から切り離して存置する構造となる。既設の支承をそのまま利用し上部工を支えることになるので、既設上部工への作用応力は変化しないため、上部工にとっては構造的に理想的な形となる。

一方で、古い構造物を新しい構造物で覆ってしまうため、維持管理の観点からは難しい構造となることが課題として挙げられる。

d) 第8案：梁の形状を変化させる案

第6案において、恒久的に上部工の支点が変化することから構造的に課題が残っていたが、既設梁を撤去後に新設の梁形状に変更することができれば、上部工に対する作用応力の変化を最小限に抑えることができる。第8案は、このように施工時と完成時において梁形状を変えることによって既設上部工補強に対する課題の解決を図る案となる。この方法によって仮受構台は省略でき、また上部工に対する作用力の変化を一時的なものに留めることができるという点でも有利な案であると考えられる。

一方で、施工時において一度完成した梁の形状を完成形状に変化させることは容易ではなく、施工精度の確保や維持管理性の観点から課題の多い構造となることが懸念される。

5. 現時点における総括

本事例の構造の決定はさらなる検討を経た上でなされるものであるが、本稿執筆時点においては以下の案が優位であると考えられる。

第2案（梁支間短縮案）が標準構造における部材厚・仮受支間長の課題を解決した有効な案であると考えられる。一方で既設橋脚と新設橋脚の基礎の干渉の影響を解

決することが必要であるため、第1案（標準構造）も引き続き有力であるといえる。仮受構台の省略については、構造上の課題である既設橋脚のフーチングが存置されることによる構造上・維持管理上の課題を解決することが必要となる。これが解決されることを前提とした考察にはなるが、第5案（フーチング共用案）が最も有効と考えられ、続いて第8案（梁形状変更案）が梁形状の複雑化の観点で不安は残るものの有効と考えられる。

6. おわりに

本業務では、制約条件の整理、構造の概略検討を実施し、本計画に採用可能な構造案の抽出を行った。また、合わせて過去の類似工事の事例を収集した。その事例を見ると、改築構造や施工方法は、既設上部構造に依存され、補強が容易な既設桁は鋼桁の事例が多く、補強が困難なPC桁の事例は1件のみと少ない。また、近年の施工事例では、本設橋脚と同等性能を有する仮受構台を構築して、改築工事を行っており、本設工事費に比べて仮設費が数倍必要となっている。本業務は掛け違い橋脚で片側にPC桁を有するため、仮受時の大幅な支点変更が困難であることから、新設橋脚との併用案（仮受構台の省略）も有効と判断し、検討項目に加えている。

本事例における設計は、現況交通を供用した状態での橋梁下部工の撤去・再構築を行ったものであるが、いまだ検討段階である。しかしながら、現場状況が非常に厳しい中で検討された構造を整理することにより、類似事例における検討への応用可能性が十分にあるものと考え、現段階において報告を行った。

本稿では、京奈和自動車道大和北道路岩井川橋梁の詳細設計段階における検討経緯を報告した。難易度の高い設計となっているため、今後施工段階における継続した考察を行う必要があると考えている。橋梁の老朽化が課題となっている中、供用中の橋梁下部工を改築する必要に迫られるケースが増加することが想定されるが、そのような場面において本稿・本事例が一助となれば幸甚である。

※ 本稿の内容は、筆者の前所属である近畿地方整備局奈良国道事務所工務課における所掌内容である。

謝辞：本稿の執筆にあたっては、大和北道路八条地区他橋梁詳細設計業務の受注者である（株）近代設計 大阪支社の多大なるご協力をいただきました。この場をお借りして感謝いたします。