

急峻な斜面の谷間に架橋する PC 橋の施工

－奥瀬道路 玉置口第二橋－

Construction of Prestressed Concrete Bridge in the Valley with Steep Slope － OKUTORO ROAD TAMAKIGUCHI 2ND BRIDGE －

櫻井尚久*1 田中好秀*2 東海林瞬*3 上田高博*4

概 要

奥瀬道路玉置口第二橋は、和歌山県の飛び地である東牟婁郡北山村から新宮市熊野川町に跨る国道 169 号線の改良工事の一環で架橋される PC2 径間連続ラーメン箱桁橋である。現国道は幅員狭小・線形不良、異常気象時通行規制などの問題を抱えており、災害時や緊急時における交通機能を確保し、沿線地域の活性化と交流促進を図るために改良工事が計画されている。このため当工事も地形的に厳しい条件（急峻な V 字谷）での橋梁上下部工事となっており、地形的に工事用道路が確保できない条件下で橋台をいかに施工し、工期内に工事を完成させるかが大きな課題であった。本稿では索道を採用した揚重用仮設備の変更などにより、上下部工事の工程短縮と橋台の施工を可能にした施工方法を紹介する。

key words : PC2 径間連続ラーメン箱桁橋、急峻な V 字谷、索道

1. はじめに

和歌山県と奈良県、三重県の県境付近の山間部を走る一般国道169号は、奥熊野地方の日常生活の支えとして、また観光地アクセスの経路として重要な役割を担ってきた。しかし、和歌山県の飛び地である東牟婁郡北山村から奈良県吉野郡十津川村に至る区間には、雨量による交通規制により、地域の振興や生活面などにおいて大きな支障となっていた。奥瀬道路は、この交通規制区間の解消、災害時や緊急時における交通機能を確保し、沿線地域の活性化と交流促進を図るために計画された道路である。奥瀬道路の整備は昭和56年度に事業化され、I 期工事として平成20年7月までに和歌山県東牟婁郡北山村～新宮市熊野川町玉置口間の6.3kmが開通している。この開通区間に隣接するII期工事が平成19年度に事業化され、異常気象時通行規制区間の解除と、幅員狭小・線形不良区間における交通問題を解消し、さらなる地域間交通・

日常生活の利便性の向上のために、新宮市熊野川町玉置口～九重間の5.2kmの整備が現在進められている。

玉置口第二橋は、奥瀬道路II期工事において新宮市熊野川町玉置口地区の急峻なV字谷に架橋されるPC2径間連続ラーメン箱桁橋である。奥瀬道路II期工事の概要を表-1に、架橋位置を図-1に示す。

表-1 奥瀬道路II期工事の概要

起終点	自) 和歌山県新宮市熊野川町玉置口 至) 和歌山県新宮市熊野川町九重
計画延長	L=5.2km
幅員	W=7.0～8.0m
構造規格	第3種第3級
設計速度	40km/h
車線数	2車線



出典：国土地理院ホームページ (<http://maps.gsi.go.jp>)

図-1 架橋位置図

*1 Takahisa SAKURAI

大阪支社土木統轄部

*2 Yoshihide TANAKA

大阪支社土木統轄部 作業所長

*3 Shun SHOJI

大阪支社土木統轄部

*4 Takahiro UEDA

土木事業本部 技術部 課長

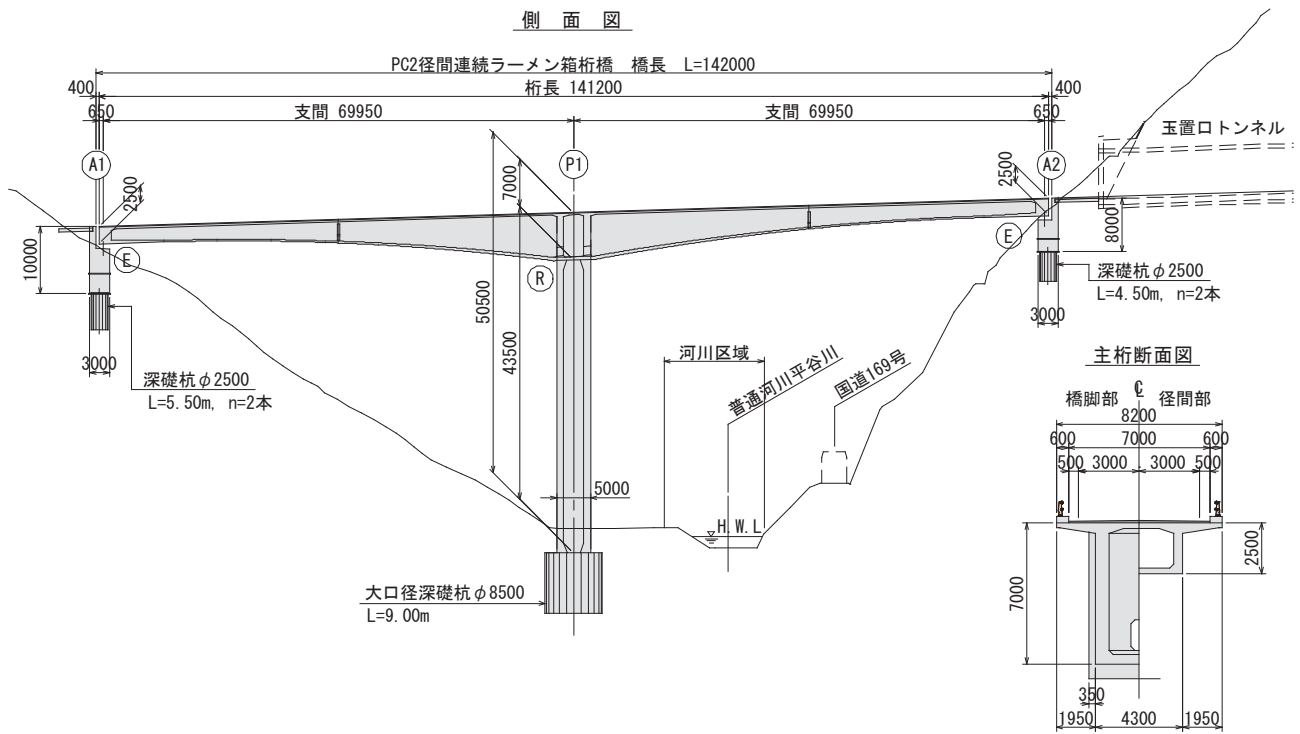


図-2 橋梁一般図

2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に示し、橋梁一般図を図-2に示す。

- 工事名：奥漕道路玉置口第二橋工事
- 施工場所：和歌山県新宮市熊野川町玉置口地先
- 発注者：国土交通省 近畿地方整備局
- 工期：2013年1月19日～2015年4月30日
- 構造形式：PC2径間連続ラーメン箱桁橋
- 橋長：142.000m
- 支間長：69.950m+69.950m
- 有効幅員：7.000m（全幅員：8.200m）
- 主鋼材：SWPR7BL 12S15.2（内ケーブル方式）
- P1 橋脚：柱式中空橋脚、W5.0×B5.0、H=43.5m
- A1 橋台：逆T式橋台段差フーチング、W8.2×B3.0、H=10.0m
- A2 橋台：逆T式橋台段差フーチング、W8.2×B3.0、H=8.0m

3. 下部工の施工

3.1 橋脚基礎の施工

橋脚基礎は大口径深礎杭（杭径φ8.5m、杭長9.0m）であり、深礎の掘削には掘削精度の向上のため、鉛直マーキングレーザーおよび、3次元レーザースキャナを使用した（写真-1）。これにより、杭偏心量を50mm以内（規格値：150mm以内）で施工することができた。

この深礎杭の施工は2013年6～7月となり、深礎天端から深さ5.5mの掘削を終えて残り3.5mとなったところまでは、作業は順調であった（写真-2）。

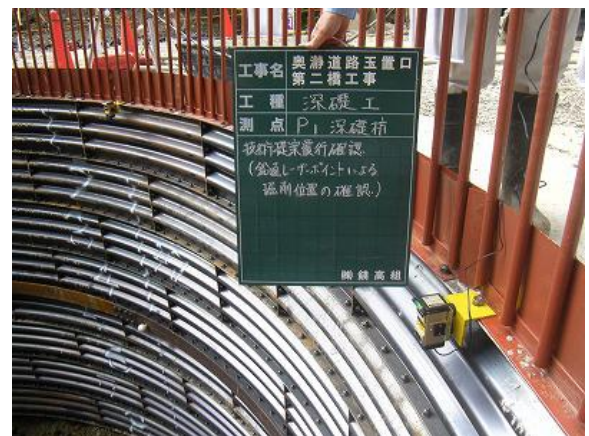


写真-1 鉛直マーキングレーザ使用状況



写真-2 大口径深礎杭の施工状況

しかし累計降水量が300mmを超えた翌日、深礎横の平谷川の増水とともに、深礎坑内は一夜にして満水状態となった（写真-3）。

掘削作業再開のため、ポンプによる排水を行ったが、湧水のため、坑内の水位は変化しなかった。そこで、周辺地盤からの薬液注入による止水処理（写真-4）を行い、ようやく湧水を止めることができた。



写真-3 湧水により満水状態となった深礎坑内



写真-4 薬液注入工実施状況

3.2 橋脚の施工

P1橋脚の基部（1ロット）は、外部拘束によるマスコンクリートの温度ひび割れの発生が懸念された。また、本橋のP1橋脚は、耐震上重要な部位であるが、橋梁の完成後にはその基部が土砂で埋め戻されて躯体の状態を目視確認できなくなるため、長期耐久性の低下を招く可能性のある施工中の初期ひび割れを防止したいと考えた。

橋脚基部コンクリート打設部にパイプクーリングを実施することにより、新旧コンクリート間における水和反応による温度差を小さくし、外部拘束によるマスコンクリートの温度ひび割れを防止することとした（図-3）。本工事では、事前に技術研究所でモデル試験体による温

度および応力計測を実施し、3次元FEMによる温度応力解析の結果とほぼ一致していることにより実効性を確認した。そののちに、実際の構造物を対象とした温度応力解析を行い、解析値と実測値を比較検証しながら橋脚基部を施工した。現時点で橋脚基部の温度ひび割れは発生しておらず、本対策の効果が発揮できたと考えている。

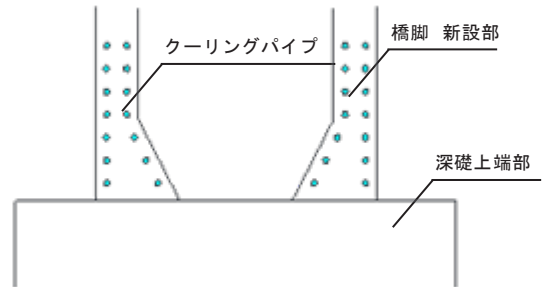


図-3 クーリングパイプ配置概要

3.3 橋台の施工

(1) 工程短縮のための施工計画の見直し

A1・A2橋台は、設置位置が急峻な地形のために現地までの工事用道路が確保できないため、工事受注時の施工計画では、主桁の張出し架設が完了したのちに主桁先端部から山腹に仮栈橋を架け、仮栈橋から施工を行うという計画であった（図-4）。

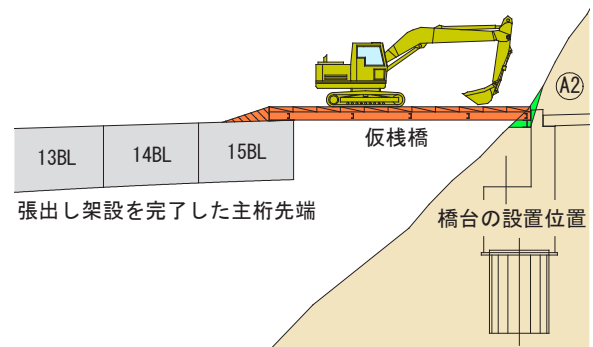


図-4 橋台施工部の当初計画

しかし、この計画では主桁の張出し施工と橋台の施工が工程上クリティカルとなり、工期内に工事を完了することが困難であった（表-2a）。そこで、当初の施工計画である橋面からの栈橋施工の代替策として、ケーブルクレーン（3.0t吊）を両橋台の上空に橋軸方向に架設し、上部工と橋台の施工を同時に行えるように変更した。

この仮設備の変更により、橋脚および上部の張出施工と平行して橋台施工を行うことができ、施工工程のクリティカルパスから橋台の施工を取り除いたことで、約4ヶ月の工程短縮（工期内の工事完了）が可能となった（表-2b）。

表-2 施工工程の検討

a) 当初の施工方法による工程

年	2013			2014				2015	
	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6
P1 橋脚	■								
A1 橋台								■	
A2 橋台								■	
PC 上部工				■					■
橋面工									■

b) 橋台の施工方法を変更した実施工程

年	2013			2014				2015	
	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6
P1 橋脚	■								
A1 橋台					■				
A2 橋台	■								
PC 上部工				■					
橋面工									■



写真-5 ケーブルクレーンを使用した橋脚部鉄筋組立

ケーブルクレーンは橋台施工のみならず、橋脚の施工（写真-5）、上部工の施工にも使用することにより、橋脚部のタワークレーンのコスト削減を図った。

(2) 急峻な高所法面での施工

両橋台の施工場所への工事関係者の移動は、高低差約60mの斜面に二人乗りの乗用モノレールを設置して対処することとした（写真-6）。レール延長は、A1橋台側が80m、A2橋台側が160mとなり、急峻な山道を徒歩移動した場合に比べ、時間の短縮だけでなく、移動時の安全性向上にも寄与した。

A2橋台における法面、橋台掘削は、急傾斜でわずかな作業スペースしかないために、大型のバックホウでの施工が難しいものだった。そのため小型のバックホウをケーブルクレーンによって斜面上まで運び、掘削を行った

（写真-7）。発生した掘削土はケーブルクレーンと1m³土砂バケットを使用し橋脚下まで下ろし、その後ダンプトラックにて運搬した。



写真-6 乗用モノレール



写真-7 橋台背面掘削、掘削土積み込み状況



写真-8 大型モノレールによる土砂運搬状況

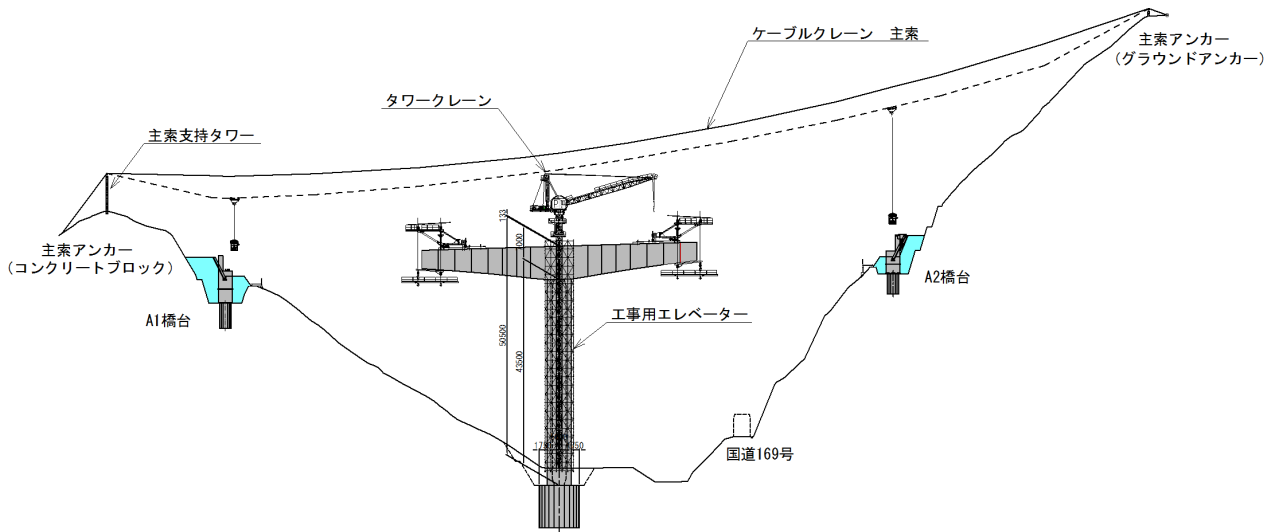


図-5 仮設備概要図

また、A1橋台側の本線法面の切土工事（約12,000m³）には、乗用モノレールに平行して大型モノレール（積載重量3.0t）を配備し、掘削土を搬出した（写真-8）。

(3) コンクリート打設

A2橋台のコンクリート打設は、河川や現道を跨ぎP1施工ヤードからの配管が不可能であったため、基礎杭を含め全ての部位をケーブルクレーンに吊るした1m³コンクリートホッパーにて行った（写真-9）。ケーブルクレーンの移動速度は約50m/分であり、コンクリートの品質確保のための事前確認において、打設作業時のコンクリートホッパーの往復時間（アジテータ車からの荷卸し時間も含めた1回の打設間隔）は約10分と予測された。これをもとに、1時間あたりの打設能力を6~10m³と想定して打設計画を立てた。特に、コンクリート数量が多いフーチング・堅壁部については、養生を含め無理のない作業時間となるよう1日の打設上限値を30m³程度と設定し、分割して打設を行った。

4. 上部工の施工

本橋の上部工は、縦断勾配は有しているもののP1橋脚を対称軸に起点側と終点側の形状寸法および構造（鉄筋、PC鋼材の配置）が全く同一となっている。設計計算においても、吊支保工で施工する両側径間の閉合（フレーム解析における主桁荷重の載荷、側径間部材の設置）が同時に行われており、上部工の自重、プレストレスなどの荷重強度や荷重を作用させるタイミングも同一となっていた。このため、通常は施工性を考慮してどちらか片側の側径間を先に閉合し、あとから反対側の側径間を閉合するところ、設計での左右対称性を実際の施工でも忠実に実現すべく、側径間の施工計画を立てた。



写真-9 ケーブルクレーンによるコンクリート運搬

左右の対称性を確保した側径間の施工方法を図-6に示す。今回工夫した点は、図-6のステップ-2で側径間の第1ロットを張出し施工の最終ブロックと接続していない点である。これにより、A1側とA2側の第1ロットのコンクリート打設を別の日に行っても、構造的には張出し架設が完了した静定構造の主桁先端に側径間の第1ロット荷重が吊支保工の吊材を介し集中荷重で載荷されるだけであり、左右非対称の不静定構造になることはなくなる。また、ステップ-3で両橋台の第2ロットを同じ日に打設することにより、側径間と張出し架設した主桁が同時に閉合され、作用断面力がP1橋脚を軸に左右対称となる完成系構造とすることができた。

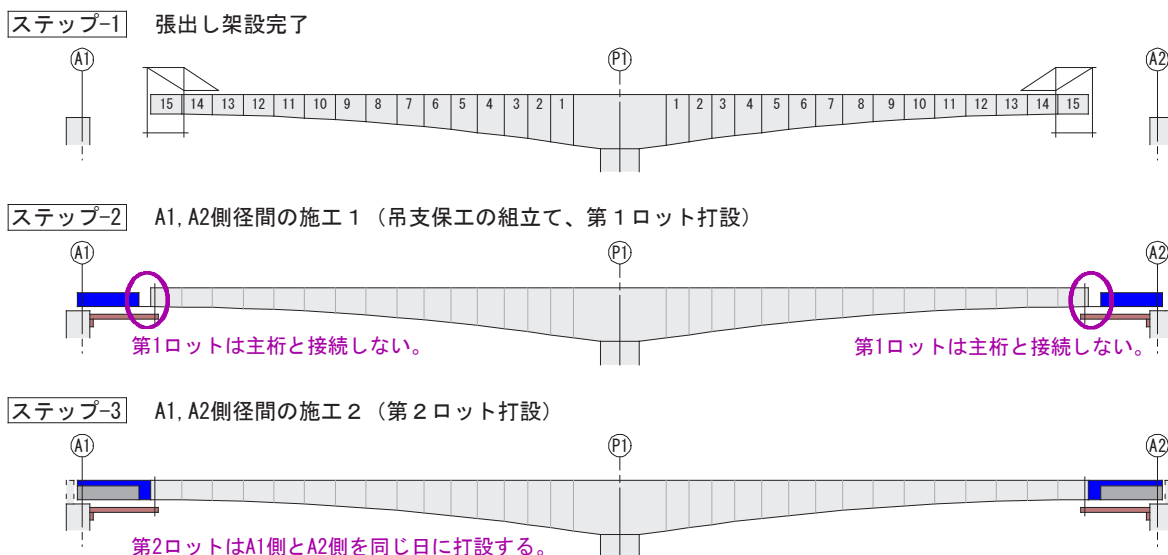


図-6 構造の左右対称性を確保した側径間の施工方法図

上述のように、施工時から完成時まで断面力が左右対称に作用することにより、主桁製作時の上げ越し量についても左右対称となり、最大上げ越し量の減少化も図れることから、橋面高さの出来形管理においても容易になり、実際の施工でも施工精度を確保することができた。

この他にも、品質向上のための方策として、生コン製造時に練混ぜ水を分割投入して練混ぜることにより、ブリーディングが少なく、時間経過によるスランプロスの低減も期待できるコンクリートを使用した。この方法で製造したコンクリートは、事前の試験で通常練りに比べ
①打設後2.5時間後のブリーディングが50%以下となる、
②硬化後の鉄筋との付着強度が約14%向上する、などが確認でき、RC部材、PC部材の品質（耐久性）向上に寄与できたと考えられる。主桁のプレストレス導入にあたっては、PCケーブルの磁歪を計測して緊張時の鋼材応力を測定するセンサーを使用することにより、所定のプレストレスが導入できているかを確認し、健全なPC構造物の施工に努めた。



写真-10 橋梁全景 A1 から A2 を望む

5. おわりに

本工事は、急峻な地形のため現地へのアクセスが困難で工程上のクリティカルパスとなっていた橋台の施工着手を早期化するために、仮設計画の大幅な見直しを行うことにより工程短縮を図り、予定どおり2015年1月に橋梁本体工事を完成させ、付帯工事を経て5月に竣工を迎えることができた（写真-10）。

工事着手時から、地元住民の方たちと交流するごとに奥瀬道路Ⅱ期工事区間間の開通に対する期待が感じられ、日頃から本橋の建設工事にも大変興味を持っていただいていた。これに応えるべく、現道への落石などによる飛来落下災害や法面・高所作業での転落墜落災害をなくすために細心の注意を払いながら、工期内の竣工を目指して施工してきた。また、「橋の工事とはどのようなものか一度見てみたい」という地元住民の方々の以前からの要望に応え、上部工の完成間近である2014年12月末に見学会も開催し、とても喜んでいただいた。

最後に、これまでにご指導、ご協力をいただいた関係各位にこの場をお借りして感謝の意を表するとともに、本橋を含む奥瀬道路Ⅱ期工事の開通が沿線地域の生活の利便性向上、活性化の一助となることを祈念する。

【参考文献】

櫻井、田中、東海林、上田：奥瀬道路 玉置口第二橋の施工、プレストレストコンクリート2015 Vol.57 p47-52