

奥漣道路 玉置口第二橋の施工

— 急峻な斜面の谷間に架橋する PC 橋 —

櫻井 尚久*1・田中 好秀*2・東海林 瞬*3・上田 高博*4

奥漣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認し、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。このため当工事で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。

キーワード：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、以前は徒歩でしか通れない交通不能区間もあったことから、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。奥漣道路は、この交通不能区間を解消し、災害時や緊急時における交通機能を確認し、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。奥漣道路の整備は昭和 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 6.3 km 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 5.2 km の整備が現在進められている。

玉置口第二橋は、奥漣道路 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。奥漣道路 II 期工事の概要を表 - 1 に、架橋位置を図 - 1 に示す。

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：奥漣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

表 - 1 奥漣道路 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	$L = 5.2 \text{ km}$
幅 員	$W = 7.0 \sim 8.0 \text{ m}$
構造規格	第 3 種第 3 級
設計速度	40 km/h
車 線 数	2 車線



出典：地理院地図データ（国土地理院、<http://maps.gsi.go.jp>）をもとに作成

図 - 1 架橋位置図

*1 Takahisa SAKURAI：(株) 銭高組 大阪支社 土木部 玉置口第二橋工事 監理技術者

*2 Yoshihide TANAKA：(株) 銭高組 大阪支社 土木部 玉置口第二橋工事 現場代理人

*3 Shun SYOJJI：(株) 銭高組 大阪支社 土木部 玉置口第二橋工事

*4 Takahiro UEDA：(株) 銭高組 土木事業本部 技術部

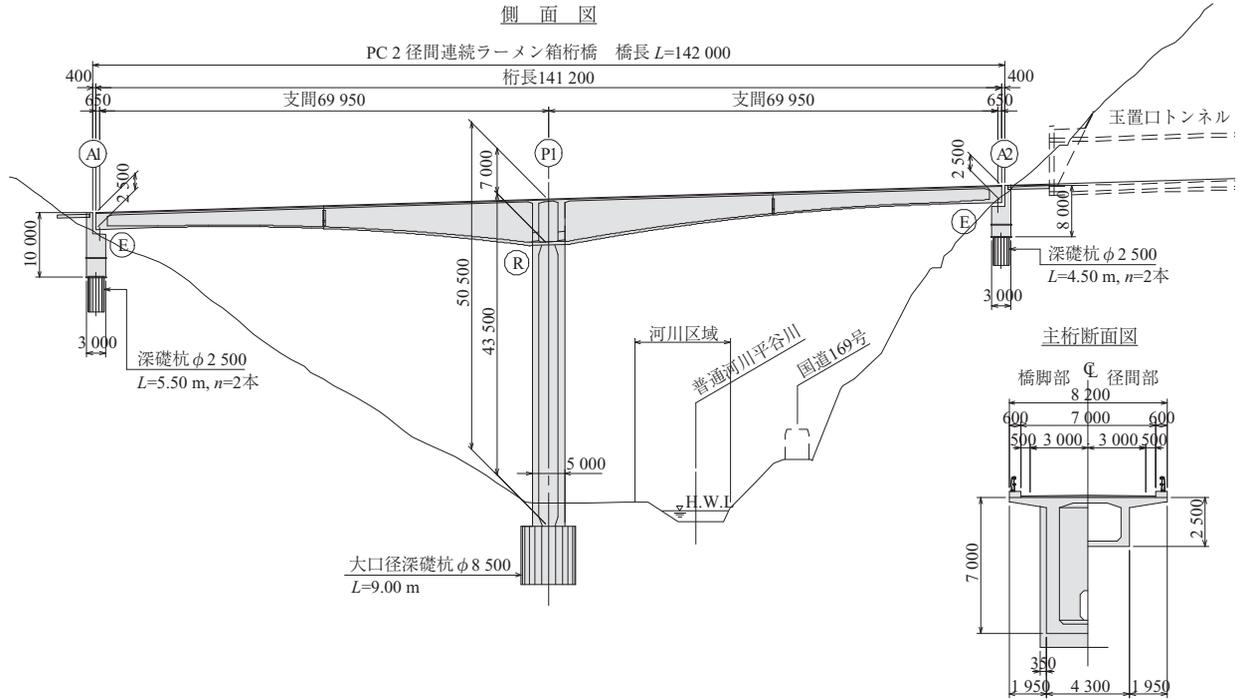


図 - 2 橋梁一般図

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：PC 2 径間連続ラーメン箱桁橋
 橋長：142.000 m
 支間長：69.950 m + 69.950 m
 有効幅員：7.000 m (全幅員：8.200 m)
 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 = 43.5 m
 A1 橋台：逆 T 式橋台段差フーチング，W8.2 × B3.0，
 H = 10.0 m
 A2 橋台：逆 T 式橋台段差フーチング，W8.2 × B3.0，
 H = 8.0 m

3. 下部工の施工

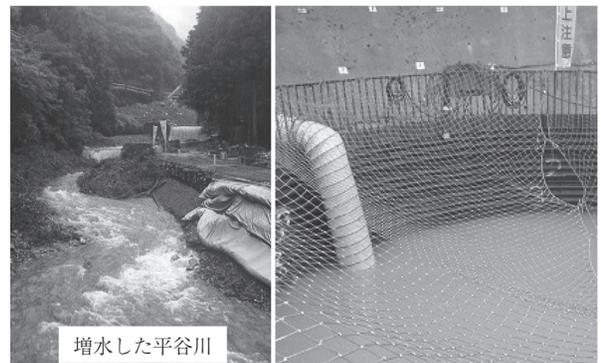
3.1 橋脚基礎の施工

橋脚基礎は大口径深礎杭（杭径φ8.5m，杭長9.0m）であり，普段はほとんど流水がない普通河川平谷川のすぐ脇に位置している。この深礎杭の施工は2013年6～7月となり，ちょうど梅雨の時期と重なったが，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湧水の影響もなく，作業は順調であった。ところが，前日からの降雨が強くなっていたある日，いつもと同じように掘削作業を開始しようと朝現地に行ってみると，平谷川の増水とともに孔内は一夜にして井戸のように満水状態となっていた（写真 - 1）。前日の作業指示により掘削機材はすべて坑内から引き揚げており，幸いにも作業中の水位上昇ではなかったが，人的被害も機材の損失も発生しなかったが，このような急峻な山間部の谷間を流れる河川の急激な増水の恐ろしさを実感することとなった。

その後，掘削作業を再開するために孔内に溜まった水を



a) 湧水発生前の施工状況



b) 一夜にして孔内が満水状態となった状況

写真 - 1 深礎杭の施工状況

ポンプで汲み出してみましたが，一旦孔壁面からの湧水が発生すると河川や周囲からの水みちが形成されたためか湧水が止まらず，数日が経過しても作業を再開することができなかった。そこで，発注者と協議して孔壁面からの薬液注入による周辺地盤の止水処理を行い，ようやく湧水を止めることができた。掘削作業が再開できたのは，坑内が水没してから19日後であった。

3.2 橋脚の施工

P1 橋脚の基部は、外部拘束によるマスコンクリートの温度ひび割れ（コンクリート打設後の水和熱が低下するときの体積収縮を既設の深礎杭部材が変位拘束することによる温度ひび割れ）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。

そこで、橋脚基部のコンクリート打設部（橋脚コンクリートの第 1 リフト）にパイプクーリングを実施して打設後の水和反応による発熱時の最高温度を低減し、新旧コンクリート間（橋脚の基部と深礎杭の上部）の温度差を小さくすることにより、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。

本工事では、事前に当社の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（図 - 3）。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。

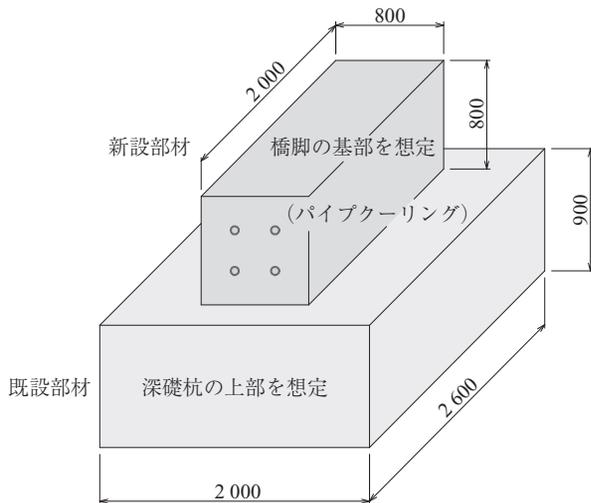


図 - 3 モデル試験体によるパイプクーリングの概要

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、工事受注時の詳細設計による施工計画では、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）。しかし、この計画では主桁の張出し架設と両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 - 2 a）。そこで、当初の施工計画である橋台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、掘削機などの建設重機や資材

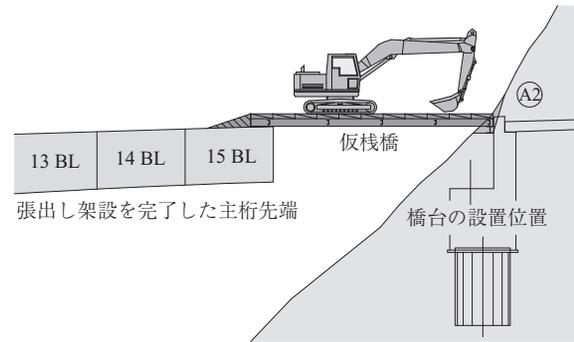


図 - 4 橋台施工部の当初計画

を早期に現地に供給することとした（図 - 5）。これにより、主桁の張出し架設と平行して橋台施工を行うことが可能となり、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 - 2 b）。

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		
月	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		
月	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									■

(2) 急峻な高所法面での重機作業

高所の急峻な斜面となる橋台設置部での法面の切り崩し・掘削・伐根・整形などの作業は、高所法面掘削機（ロックライミングマシン）で行った（図 - 5 a 部詳細）。高所法面掘削機は、従来のバックホウにウィンチを搭載し、斜面上方に設置したアンカーと接続したワイヤーロープで本機を支える構造となっており、斜面に対して機械旋回台（動力部・運転席）を水平に保つリフティング装置により斜面での作業を可能にしている。本工法で斜面上部に設置するアンカーは、機械総重量の 1.5 倍以上のアンカー強度を有していることが条件となっており、生立木の根株や、コンクリートアンカー、グラウンドアンカーなどを使用することができる。本工事では、アンカー用の立木に対する引抜き試験を実施し、機械総重量（5.7t）の 2 倍以上のアンカー強度を有する直径 450 mm の生立木の根株を採用した。また、本機はケーブルクレーンで作業現地まで搬入することとなるため、分割運搬してもケーブルクレーンの揚重制限により小型の機種を選定せざるを得なかった。な

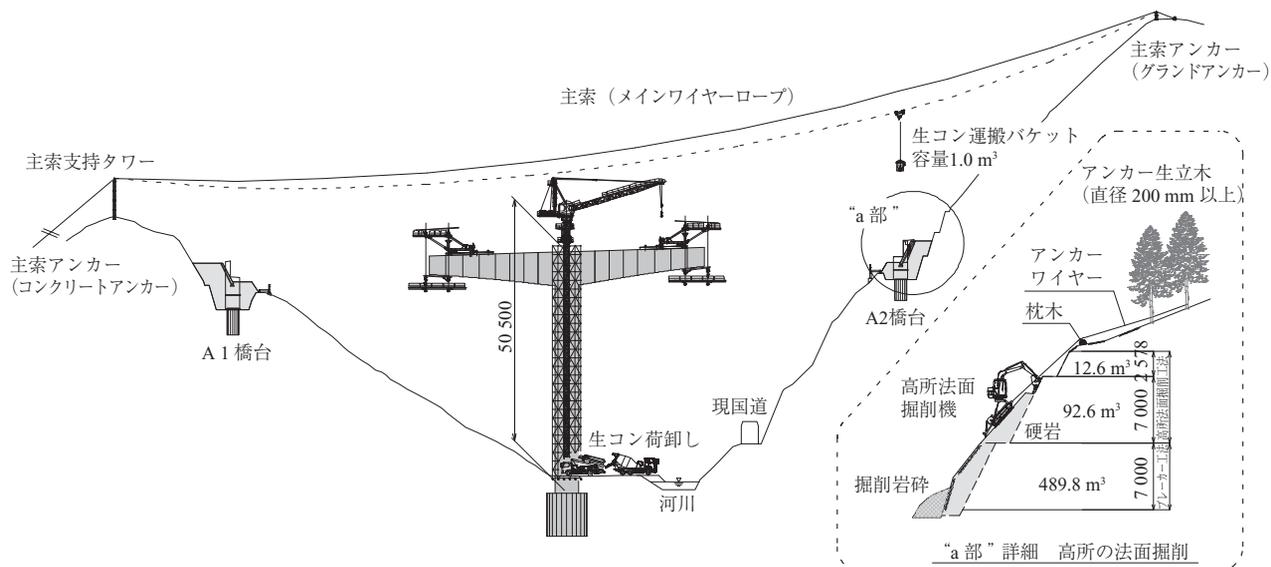


図 - 5 架設用の仮設備概要図

お、崩落、落石の予測される現場では遠隔操作が可能な無人運転機の選択肢もあるが、今回はそれらの危険性がないことを確認し、施工性のよい有人運転機にて施工を行った（写真 - 2）。



写真 - 2 高所法面掘削機による作業

(3) 施工場所へのアクセス・土砂運搬

両橋台の施工場所への工事関係者の移動は、高低差約 60 m 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 - 3）。このモノレールは、林業が盛んな当地域ではしばしば使用される運搬設備であり、当工事では当社職員や作業員が運転講習を受け、操作にあたった。レール延長は、A1側が 80 m、A2側が 160 m 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。

また、A1橋台側の本線法面の切土工事（約 12 000 m³）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 3.0 t）を配備し、掘削土を搬出した（写真 - 4）。



写真 - 3 乗用モノレール

(4) 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、基礎杭を含めすべての部位をケーブルクレーンに吊した 1 m³ バケツにて行った（写真 - 5）。バケツのサイズは、ケーブルクレーンの揚重能力から容量 1 m³ としている。ケーブルクレーンの移動速度は約 50 m/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、打設作業時のバケツの往復時間（アジテータ車からの荷卸し時間も含まれた 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 ~ 10 m³ と想定して施工計画を立てた。とくに、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 30 m³ 程度と設定し、分割打設を行った（表 - 3）。

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、



a) A1 橋台設置位置の掘削・土砂積込み



b) 急峻な斜面での土砂運搬



c) 搬出ヤードでの土砂荷卸し

写真 - 4 大型モノレールによる土砂運搬状況

PC 鋼材の配置) がまった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

表 - 3 橋台のコンクリート数量

部 位	A2 橋台 (バケットによる打設) (m ³)
基礎杭	44.2
フーチング・縦壁	91.4 (4分割打設)
翼 壁	11.1
胸 壁	51.6



写真 - 5 ケーブルクレーンによるコンクリート運搬

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。

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ロットを張出し架設した主桁の先端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べつの日に行っても, 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。

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。

このほかにも, 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, プ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が期待できるコンクリートを使用した。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,

○ 工事報告 ○

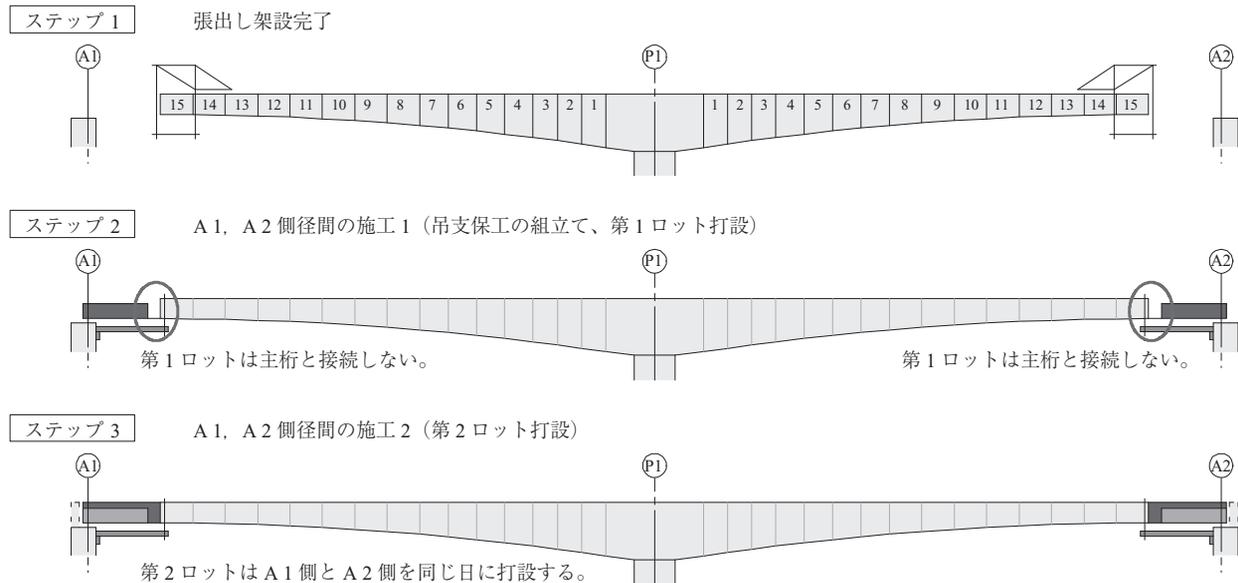


図 - 6 構造の左右対称性を確保した側径間の施工方法

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。

前述した橋台の施工を主目的として設置したケーブルクレーンを上部工の張出し架設時の資機材運搬にも有効に活用し、橋脚部に設置したタワークレーンのコスト削減も図った (表 - 4)。

表 - 4 揚重設備のコスト削減策

	橋脚タワークレーンの仕様	使用期間
当初計画	最大吊荷重 10.0 t × 旋回半径 16 m, オペレーター付き	16 ヶ月 (上部工施工期間)
変更計画 (ケーブルクレーン併用)	最大吊荷重 4.5 t × 旋回半径 21 m, リモコン操作	12 ヶ月 (上部工施工期間)



a) 平谷川下流からの全景 (右側が A1)



b) A1 から A2 を臨む

写真 - 6 橋梁全景

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ることができた。現在は、4 月の竣工に向けて附帯工事の作業を進めている (写真 - 6)。

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もっていただいていた。これに応えるべく、現道への落石などの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。

【2015 年 3 月 10 日受付】