

今戸高架橋および折立橋応急復旧の工事報告

— 十津川道路今戸高架橋 PC 上部工事 —

近森 清文*¹・阪本 誠*²・浅田 宏史*³・西村 一紀*⁴

十津川道路は、奈良県五條市と和歌山県新宮市を結ぶ五條新宮道路の一部であり、国土交通省が直轄権限代行事業として整備を進めている。今戸高架橋は、この十津川道路の平成23年度部分開通区間の最南端に位置するPC 6径間連続箱桁橋である。

本工事では橋梁本体工完了後において、作業構台撤去工の最中に上陸した台風12号の集中豪雨によって、生活道路である近隣の折立橋が流出する激甚災害が発生した。

本稿では、今戸高架橋の工事報告に加え、新たに追加された地域にとって極めて重要なライフラインである折立橋の応急復旧工事の概要について報告する。

キーワード：仮固定・仮支柱、リブ付き張出し床版、応急復旧、災害時緊急工事

1. はじめに

地域高規格道路である五條新宮道路は、近畿自動車道紀勢線および京奈和自動車道などの幹線道路と一体となって紀伊半島観光周遊ネットワークを形成し、太平洋沿岸部と紀伊半島内陸部の交流促進の役割を担っている（図-1）。

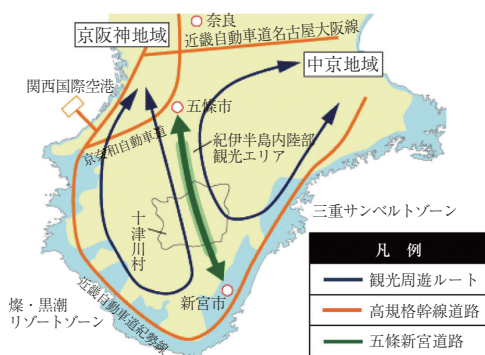


図-1 紀伊半島周遊ネットワークイメージ

このうち、和歌山・奈良の県境付近では、幅員やカーブの影響により大型車の離合が困難なことや、異常気象時に

おける通行規制が多発している状況である。このことから、とくに現道状況が劣悪な十津川村平谷地区から十津川村小原地区に至る約6.0km区間を、十津川道路として国土交通省が整備している状況である（図-2）。

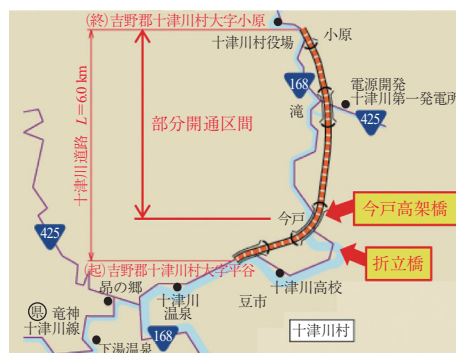


図-2 十津川道路

十津川道路が整備されることで、京阪神地区から十津川温泉をはじめとした観光地への周遊ルートが確保され、観光客数の増加や、地域の活性化が期待できることに加え、災害に強い信頼性の高い交通路が確保できる。



*1 Kiyofumi CHIKAMORI

極東興和(株) 福岡支店
技術部 工事課



*2 Makoto SAKAMOTO

極東興和(株) 大阪支店
技術部 工事課



*3 Hiroshi ASADA

極東興和(株) 大阪支店
技術部 工事課



*3 Kazuki NISHIMURA

極東興和(株) 大阪支店
技術部 技術課

今戸高架橋は PC 6 径間連続箱桁橋 + PC 2 径間ラーメン箱桁橋の 2 連の橋梁から成り立っている。このうち今回施工を行ったのは、十津川道路の部分開通区間の最南端となる PC 6 径間連続箱桁橋である。

施工も順調に進み、おおむね終盤に差しかった平成 23 年 9 月 3 日、台風 12 号の影響による集中豪雨が紀伊半島を襲った。十津川村周辺では大規模な土砂災害が各所で発生したのに加え、付近を流れる十津川が異常増水し、現場の下流約 1 km に位置する供用中の折立橋が流出する激甚災害が発生した。

国道 168 号線の一部である折立橋は、十津川村において役場方面から温泉街方面を結ぶ主要橋梁である。平行する歩道橋は無事であったものの、車両の往来は完全に寸断されたため、一刻も早い応急復旧が課題となった。

このような状況のなか、今戸高架橋の上部工事を継続するには、新宮方面への大型車の通行ルートを確認する必要がある、また応急復旧に必要な大型機材を直近にもち合わせていた当社が、折立橋の応急復旧工事を請け負うこととなった。

本稿は、今戸高架橋の架設条件などから制約される上部工事の特徴と施工技術、ならびに折立橋の応急復旧工事の概要と災害時緊急工事における今後の課題について報告するものである。

2. 橋梁概要

2.1 工事概要

工 事 名：十津川道路今戸高架橋 PC 上部工事

工事場所：奈良県吉野郡十津川村折立地先

工 期：平成 21 年 10 月 3 日～平成 24 年 1 月 31 日

発 注 者：国土交通省近畿地方整備局

工事内容：今戸高架橋の上部施工ならびに折立橋応急復旧橋の施工

(1) 今戸高架橋

構造形式：PC 6 径間連続箱桁橋

道路規格：第 3 種第 2 級

設計速度： $V = 60 \text{ km/h}$

活 荷 重：B 活荷重

橋 長：380.0 m

支 間 長：55.0 + 70.0 + 70.0 + 70.0 + 70.0 + 43.0 m

有効幅員：14.467 ～ 7.780 m

縦断勾配：- 1.4 ～ + 4.5 ～ + 0.3 %

横断勾配：- 8.0 ～ + 1.5 %

架設工法：張出し架設工法・固定支保工架設工法

(2) 折立橋応急復旧橋

構造形式：鋼製パネル式栈橋

活 荷 重：A 活荷重

橋 長：114.0 m

支 間 長：8@12.5 + 6.0 + 8.0 m

有効幅員：6.000 m

架設工法：斜張式架設工法（LIBRA 工法）

2.2 工事の特徴

(1) 今戸高架橋

- ① 架設工法は、国道 168 号上に位置する P7 - A2 径間については、桁下空間が低いため固定支保工架設、そのほかは張出し架設を採用している。
- ② P6 - P7 径間は、先行して施工した P7 - A2 径間の固定支保工区間の自重を利用して、片張出し架設により施工する。
- ③ P3 ～ P5 径間の架設位置は、十津川に平行した急傾斜地となる。
- ④ 支承工として、P3 ～ P6 橋脚には仮固定構造、P2 - P3 径間には仮支柱構造を採用している。
- ⑤ 最南端に位置する P2 - P3 径間において、拡幅区間を設け、国道 168 号に対する交差点を設置し、十津川

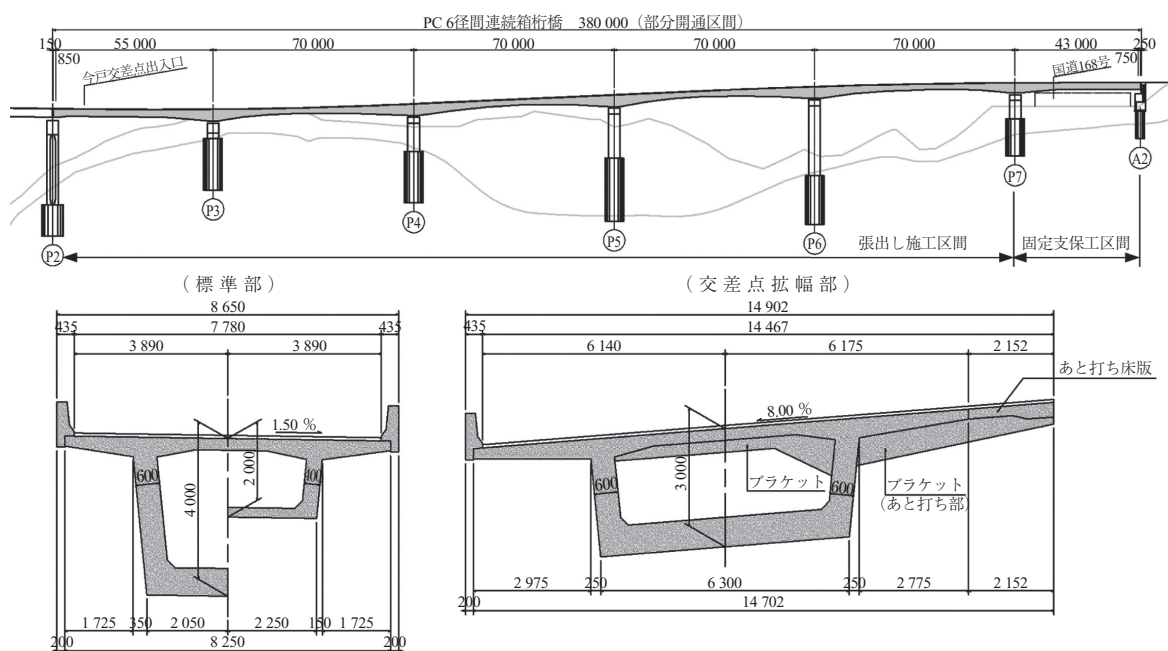


図 - 3 今戸高架橋構造図

道路を部分開通させる。

(2) 折立橋応急復旧橋

- ① 折立橋は、昭和 33 年に架設された橋長 176 m、4 径間を有する鋼橋である。
- ② 中央部 2 径間が径間長 65 m のトラス桁、側径間はトラス桁の上部に架け違い設置された鈑桁となっている。
- ③ 今回の集中豪雨により、右岸側のトラス桁 1 径間と側径間の鈑桁 1 径間が流出した（写真 - 1）。



写真 - 1 折立橋の流出状況

3. 今戸高架橋上部工事

3.1 現道交通の安全対策

国道 168 号上に位置する P7 - A2 径間は、現道交通を確保しながらの施工となり、張出し架設では移動作業車に対する施工時の建築限界が確保できないことから、固定支保工架設を採用している。

支保工材としてパイプ支柱を採用し、現道部においては部分的に梁材と足場材を地組みしてユニット化を行い、支保工の早期の組立て・解体と作業の安全性向上に配慮した。また、現道の開口部がカーブ区間に位置し、見通しが



写真 - 2 開口部の支保工解体状況



写真 - 3 開口部の視線誘導対策

悪く閉塞感も高いため、プレキャストガードレールや連続式照明灯による、円滑な視線誘導に努めた（写真 - 2, 3）。

3.2 狭小桁下空間に対する対策

P7 - A2 径間は建築限界の確保に伴い、支保工の梁上から桁下までの空間が 30 cm 程度しか取れないため、梁上への枠組支保工の設置が不可能であった。

実施工では、底板高さにあわせて調整した櫛枠をあらかじめ工場製作し、櫛材を梁上に直接設置する方法を採用した。これにより底板高さの精度を確保し、さらに支保工と型枠組立ての工程短縮も図ることができた（写真 - 4, 5）。



写真 - 4 櫛材の設置状況



写真 - 5 桁下空間

3.3 片張出し架設

P7 橋脚から P6 側に対する張出し架設は、P7 - A2 径間を固定支保工架設により先行施工し、その自重をカウンターウエイトとした片張出し架設を採用した（図 - 4）。このため、P7 橋脚には仮固定構造が存在しない。

P7 - A2 径間と P6 - P7 径間では施工方法が異なり、コンクリートの材齢や構造系が変化するに伴って、架設後の変形量が順次変動するが、施工ステップや荷重などを詳細に精査した上げ越し計算を実施し、施工に反映することで出来形を確保することができた。

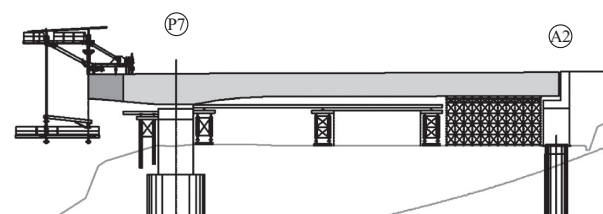


図 - 4 片張出し架設

3.4 急傾斜地に対する移動作業車の改造

P3～P5 径間は急傾斜地に位置し、また橋脚高さも低い
ため、張出し架設に際して、通常の移動作業車では地山に
接触する課題があった。

本工事では、当該径間の移動作業車の下横梁を現地状況
にあわせて L 字型に改造し、さらに一部区間については、
張出し架設中の桁高変化にあわせて、桁下空間の限界まで
作業台をリフトアップすることで、地山との接触を回避し
た（写真 - 6）。

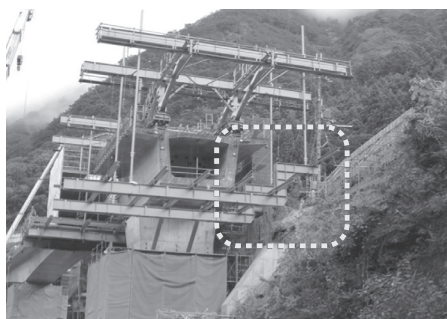


写真 - 6 移動作業車下横梁の改造

3.5 仮固定構造

本橋は免震ゴム支承を採用した連続桁構造であるため、
P3～P6 橋脚の張出し架設時は、主桁と橋脚上部を仮固定
し、支点上に発生するアンバランスモーメントに対して主
桁の自立性を確保している。仮固定構造は仮支承コンクリ
ートを介して PC 鋼棒によって主桁と橋脚を剛結する一般
的な構造であるが、施工時の地震による PC 鋼棒の破断事
故に配慮し、上下構造間のせん断抵抗部材として H 鋼を
埋設している（図 - 5）。

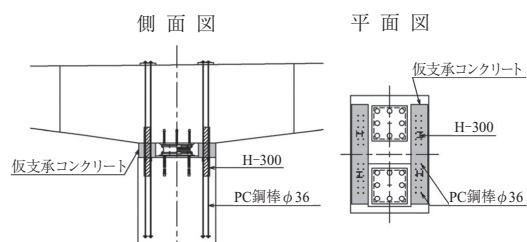


図 - 5 仮固定構造

3.6 仮支柱構造

(1) 仮支柱の施工

P3 橋脚の張出し架設は、P4 側 6 BL に対して、P2 側が
10 BL と 4 ブロック多いことから、P2 側については、6 BL
架設後に仮支柱を設置し、主桁自重を支持することにより
架設の延長を行った（図 - 6）。

桁受け部については、主桁の横断勾配が 8 % であったた
め、仮沓としてテーパプレートと厚さ 20 mm のゴム板
を設置し、サンドル材で底面を支持した（図 - 7、写真
- 7）。

(2) 仮支柱部における主桁の補強

本橋は、仮支柱設置付近において平面曲線を有してお

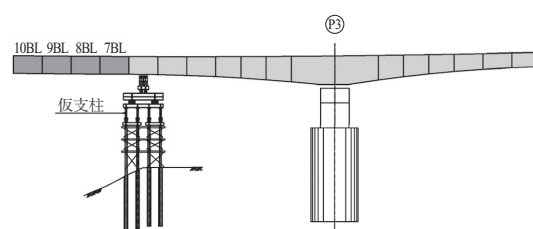


図 - 6 仮支柱の設置と架設延長

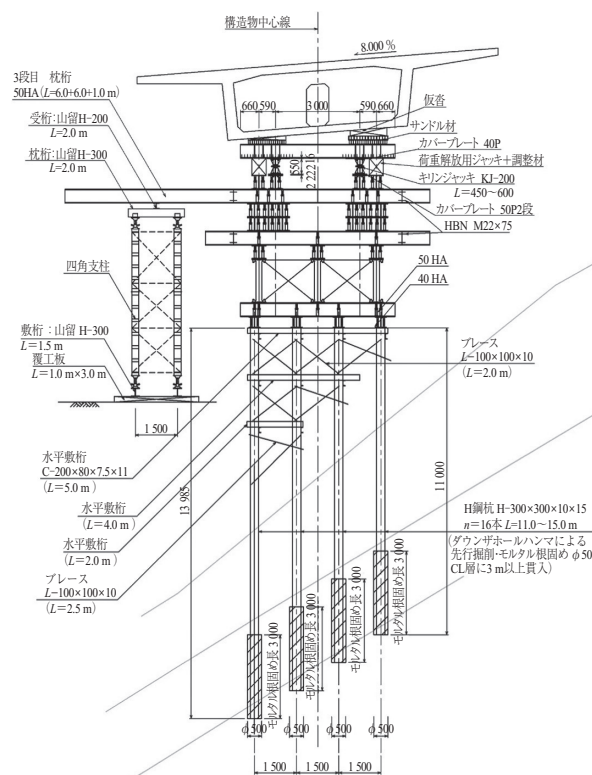


図 - 7 仮支柱構造図

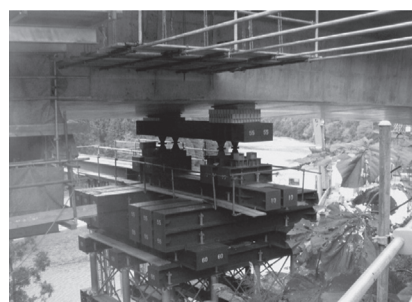


写真 - 7 桁受け部の構造

り、2 点支持する桁受け部の反力にアンバランスが生じる
ことから、主桁に対する局部応力の発生が懸念された。こ
のため、事前に FEM 解析を行い、桁受け部の各反力に対
する仮支柱横桁や床版上面の発生応力を確認した。

解析の結果、横桁部には有害な引張応力の発生は認めら
れなかったが、張出し床版付け根付近において引張応力が
集中することが判明した。この引張応力（8.36 N/mm²）の
発生は、P2 側の吊支保工施工時に橋軸方向に最大

となるが、その発生が一時的であることや、橋軸方向に導入されたプレストレスによる圧縮応力（ 6.43 N/mm^2 ）の分布が、張出し床版付け根付近で最大となることを考慮し、引張応力が残存する部位についてのみ補強鉄筋を追加した（D13ctc250 → D13ctc125, D13ctc83.3）（図 - 8）。

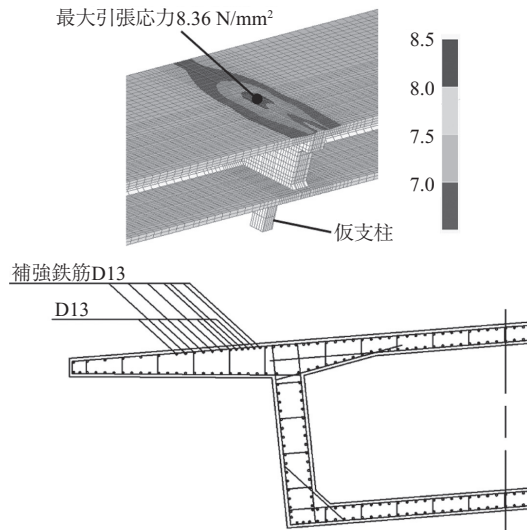


図 - 8 仮支柱部における補強鉄筋の追加

3.7 仮支柱と仮固定の撤去

(1) 撤去順序の変更

当初の計画では、P3 橋脚上の仮固定 PC 鋼棒を開放し、その後に P2 - P3 径間の仮支柱を撤去する方法が採用されていた。この場合、仮固定 PC 鋼棒を先行して開放すると仮支柱に移行する反力が大きくなるため、仮支柱にはそれを受けもつ構造が必要となる。急傾斜地に位置する仮支柱をさらに補強することは、構造が大がかりになることや、施工が煩雑になり、相当に不経済となることが懸念された。

このため実施工では、以下に記述する問題点などに配慮しながら仮支柱の撤去と仮固定の解放を段階的に実施する方法へ変更した。

(2) 仮支柱先行撤去に対する新たな問題点

仮固定は（図 - 5）に示すように、多数の PC 鋼棒と H 鋼で主桁と橋脚上部を剛結させる構造となっている。P2 - P3 径間の施工では、主桁自重を支持していた仮支柱を先行撤去することから、P3 橋脚の仮固定 PC 鋼棒には大きな張力が付加されることが予想された。また、PC 鋼棒の開放作業は 1 本ごとに行うため、開放前に各 PC 鋼棒に作用していた張力が、開放に伴ってべつの PC 鋼棒に移行することも考えられた。このため、PC 鋼棒を 1 本ごとに順次開放した場合、未解放の PC 鋼棒の張力が増加し、許容引張応力を超過して最終的に解放できないことが予測された。

(3) 施工時の対策

施工では、仮固定 PC 鋼棒の張力や仮支柱に移行する反力を確認しながら、仮支柱と仮固定の双方を徐々に撤去する作業を行った。

具体的な流れは以下のとおりとした。

- ① 仮支柱を一旦、油圧ジャッキに受け代える。
- ② すべての仮固定 PC 鋼棒の緊張力を一部開放する（仮支柱の許容耐荷力に対して余裕のある範囲として、作用している緊張力を一旦半分まで開放）。
- ③ 仮固定 PC 鋼棒の緊張力開放に伴い、仮支柱の油圧ジャッキに移行する反力が、仮支柱の許容耐荷力を超えない範囲内で、仮固定 PC 鋼棒の開放を続ける。
- ④ 仮支柱への反力の移行がおおむね仮支柱の許容耐荷力付近となった時点で、仮支柱の油圧ジャッキを徐々に降下させ、仮支柱の反力を除荷する。同時に仮固定 PC 鋼棒に作用する緊張力を確認し、PC 鋼棒の許容引張応力度以下の範囲で仮支柱の開放を一旦停止する。
- ⑤ ③ および ④ を繰り返す、仮支柱の油圧ジャッキを完全に開放する。
- ⑥ 最後に、残った仮固定 PC 鋼棒をすべて開放する。

(4) 対策の結果と考察

上記の方法により作業時間は要したが、橋梁本体や仮支柱に不具合をおこすことなく作業を完了することができた。なお結果的には、仮固定 PC 鋼棒の緊張力解放に伴い発生した反力の移行は、事前の計算値に対してきわめて少なかった。これは仮支承コンクリートや埋設した H 鋼が、移行する反力を相当量に受けもったためと思われる。

3.8 拡幅部におけるリブ付き張出し床版

P2 - P3 径間は、国道 168 号へアクセスするための交差点を有するため、リブ付き張出し床版を設置した拡幅構造となっている。この張出し床版には、標準部の張出し床版と同様に 1S21.8 mm の PC 鋼より線を配置し、さらに橋軸方向に約 1.5 m 間隔で配置するリブ内にも、1S17.8 mm の PC 鋼より線を配置した構造となっている（図 - 9、10、11）。

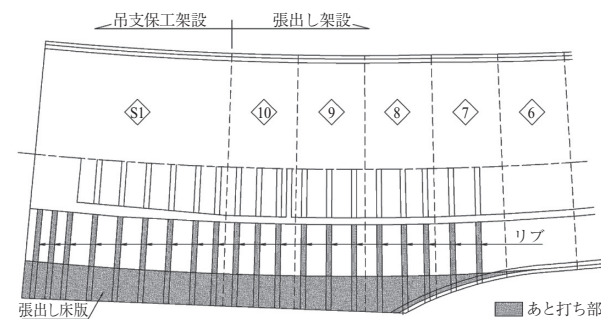


図 - 9 リブと張出し床版の配置（平面図）

このような構造では、あと打ち施工となるリブや張出し床版が、主桁コンクリートに拘束されるので、乾燥収縮差に起因するひび割れの発生が懸念される。よって、あと打ち部については、膨張材を使用した収縮補償コンクリートを使用した。またリブは、完成済みの床版下面でのコンクリート打設となることから、ブリーディングの発生に伴う床版下面との肌空きや、ジャンカの発生が懸念された。このため、打設孔や空気孔を各所に設置し、入念な締固めを

○ 特集／工事報告 ○

(1) 準備工－工事用道路の整備

栈橋設置工に先立ち、まず現地河川敷への資機材搬入ルートが整備が必要であった。搬入が必要な資機材は、今戸高架橋で使用中の65tクローラークレーンおよび栈橋材料として使用する杭材や鋼製パネルなどである。現地付近で現道から河川敷へ直接アクセスすることは、標高差や民家などが密集していることから不可能であった。このため、今戸高架橋から約500m上流側にある既設の進入路から河川敷へ進入し、仮設の道路盛土を構築しながら、部分的に十津川を渡河する仮橋を3箇所設置して、現地へ至るルート約1.4kmを設定した。仮橋はH鋼などを使用した普通栈橋構造とし、近郊の資材ヤードに保管中の古材を切断・溶接などの加工を施して使用した。

施工中には、新たに発生した台風15号の大雨による部分的な道路盛土の流出や、想定していた河川の水位低下が見込めないことによる仮橋の大型化などの問題が発生した。これにより、さらに作業の煩雑性をきわめることとなったが、工程的には準備などを含めて20日間で完了することができた(図-14、写真-9)。



図 - 14 工事用道路



写真 - 9 渡河部における仮橋の設置

(2) 準備工－既設鈹桁橋撤去工

崩落寸前であった鈹桁橋(A1-P1径間)は、P1橋脚に設置されていた落橋防止壁によって、かろうじて落橋を免

れている状態であった(写真-10)。



写真 - 10 崩落寸前の鈹桁橋(A1-P1径間)

この鈹桁橋の撤去について、本来であれば支保工により支持し、ガス切断などにより分割して撤去する方法を採用すべきであるが、今回は支保工などの作業中において突然の崩落が危惧された。

施工では例外的措置として、橋梁直下にクッション盛土を行ったうえで、油圧ショベルを使用して落橋防止壁を破壊し、強制落橋させる方法を選択した。この方法により、無事に鈹桁橋の撤去を完了することができた。

(3) 栈橋設置工

設置した栈橋は、全長114m幅員6mで、斜張式架設工法(LIBRA工法)では初となる12.5m支間の鋼製パネルを使用している。

LIBRA工法は、主に山岳地帯の橋梁工事やトンネル工事において、作業構台として設置されることが多い。斜張式架設工法は、通常の栈橋工法が、下部工(杭橋脚)設置後に上部工(主桁・覆工板)を組み立てる手順であるのに対し、ユニット化された上部工(鋼製パネル)を先行設置し、上部工を下部工(杭橋脚)の導材として利用するものである。上部工の組立て期間が短く、下部工の施工精度にも工程が左右されないことから、急速施工が可能となる。12.5m支間の鋼製パネルは、急速施工に加え河積阻害に対する影響にも配慮して採用されたものである。

杭橋脚の打設は、先端が拡大する特殊ビットを有するLIBRA工法特有のダウンザホールハンマーにより行った。転石など複合的な障害物を有する河床堆積層に対し、孔壁崩壊による作業の停滞抑制に配慮したものである。

栈橋設置工は、LIBRA工法の採用や24時間2交代制による施工により、安全設備などの設置を含め、22日間で完了することができた(写真-11)。



写真 - 11 鋼製パネルの斜張式架設

4.3 災害時緊急工事の留意点

今回の折立橋の応急復旧工事は、突然発生した未曾有の災害に対するものであり、十分な調査や計画ができない災害時緊急工事であった。このため、施工が必ずしも順調に進んだとはいえないが、目標の工期内に無事完了することができ、平成 23 年 10 月 30 日早朝に開通させることができた。

以下に、今回の災害時緊急工事を通じて経験できた反省点や、今後の留意点などについて列記する。

- 工事着手直後は、土砂災害により近隣の道路が各所で寸断されていたため、資材搬入はおろか、普通乗用車すら現地入りすることが困難であった。また、施工で使用する重機燃料の入手も困難であった。災害時緊急工事の施工計画の立案には、これらへの配慮が必要である。
- 施工中に再び発生した台風や大雨の影響により、河川敷に構築した仮設の道路盛土が一部流出し、その再構築が必要となった。仮設構造物などについては、二次災害の想定と、その対策案の事前検討が重要である。
- 十津川を渡河する仮橋施工に、想定以上に時間を要した。古材の再利用に対し、想定より加工手間を要したことが原因であった。今回の災害時緊急工事のように、古材を再利用するような場合、新規購入材とは異なる加工手間が必要なことなど、その調達から現地使用に至るまでの工程予測が重要である。
- 栈橋設置に際しボーリング調査を行ったが、栈橋施工ヤードの整備とあわせて行う必要があったため、工程の影響から、その実施箇所に限りがあった。このため、部位により想定した支持層の岩質や深さが異なるケースがあり、部分的に工程の遅延が発生した。災害時緊急工事では、このような不測の事態も予想し、工程の調整や修復が可能な計画を立案する施工必要がある。

5. おわりに

今戸高架橋は、施工面において、河川に面した急傾斜地に位置することや、国道 168 号上の低い空間に架設されること、作業構台による施工ヤードの確保など、狭いスペースでの施工が特徴的な橋梁であった。構造面においては、仮固定構造と仮支柱構造の採用、リブ付き張出し床版を有するなどが特徴的な橋梁であった。また、工期的にも非常に厳しい状況ではあったが、無事故で工期内に完成することができたのは、発注者や関係業者の協力および指導の賜であったと考える。

一方、今回発生した災害を通じて、ライフラインとして道路が地域の人々の生活と密接に関わっており、重要な役割を担っていることを痛感した。幸いにも、災害発生時に完成していた十津川道路を、当初の開通日よりも前倒しで開通させることで、地域外へのアクセスルートが確保された。この結果、流出した折立橋の応急復旧が地域全体の交通確保に対する最重要課題となった。

今回、このようなインフラの応急復旧工事に関わることができ、建設業を生業としているさまざまな方々の尽力と精神を十分に体験させていただくことができた。応急復旧

工事の約 40 日間のうち、そのほとんどが深夜まで騒音や振動を伴う作業であったにも関わらず、苦情はおろか、感謝と励ましの言葉をかけて下さった地元住民の皆様に、感謝申し上げますとともに、奈良国道事務所および大和高田出張所の関係者の方々、地元協力業者の方々のご尽力に対しても感謝申し上げます。

最後に、付近では未だ災害の大きな爪痕が至る所に残されていることから、1 日も早いインフラの本格的な復旧と、穏やかな自然に囲まれた平穏な生活を取り戻されることを切望します。



写真 - 12 今戸高架橋完成写真



写真 - 13 今戸高架橋完成写真（橋面）



写真 - 14 折立橋応急復旧橋完成写真

参考文献

- 1) 福井県敦賀土木事務所：県道 216 号災害復旧工事報告書，2002
- 2) 宮崎県日南土木事務所：平成 17 年発生橋梁災害復旧工事五塚橋仮橋工事報告書，2006
- 3) 滋賀県東近江地域振興局：国道 421 号道路改築工事黄和田工区施工報告書，2007

【2012 年 1 月 16 日受付】