

(71) RC固定アーチ橋「極楽橋(仮称)」の施工

住友・丸新志鷹・岩崎建設共同企業体 正会員 ○中村 収志
 富山県土木部道路課 中川 直人
 住友・丸新志鷹・岩崎建設共同企業体 正会員 大磯 章
 住友建設(株)四国支店土木部 正会員 帆足 洋和

1. はじめに

主要地方道宇奈月大沢野線は、富山県東部の山麓地域に点在する観光拠点を連絡し、広域的な交流や連携を図ることを目的とした「富山県東部山麓道路」の主要幹線である。このうち、一級河川常願寺川に架けられる極楽橋(仮称)は、2000年に開催される「とやま国体冬季大会」のアクセス道路として供用するため、平成7年度から工事に着手している。

橋梁形式は、上路式RC固定アーチ橋でアーチ支間188mは、国内第5位の規模である。

本橋の技術的特徴としては、アーチ基礎部に地盤条件や景観性を考慮して初めてNATMによる大口径斜め深礎基礎を採用していること、アーチリブのメラン併用斜吊り張出し工法においては、「メラン直吊り一括架設」という新しい架設工法を採用していることがあげられる。

本稿は、大口径斜め深礎基礎とメラン架設を含むアーチリブの施工について報告するものである。

2. 橋梁概要

2.1 工事概要 一般図を図-1に示す。工事概要は、以下に示すとおりである。

路線名：主要地方道宇奈月大沢野線	橋名：極楽橋(仮称)
道路規格：3種2級	橋長：245.0m+156.0m=401.0m
活荷重：B活荷重	アーチ支間：188.0m
構造形式：[上部工]RC固定アーチ橋	有効幅員：13.0m(車道部9.50m 歩道部3.50m)
+連続PC中空床版橋	架設工法：斜吊り張出し工法
[下部工]大口径斜め深礎基礎(アーチ部)	+メラン直吊り一括架設工法
直接基礎、鉛直深礎(高架部)	

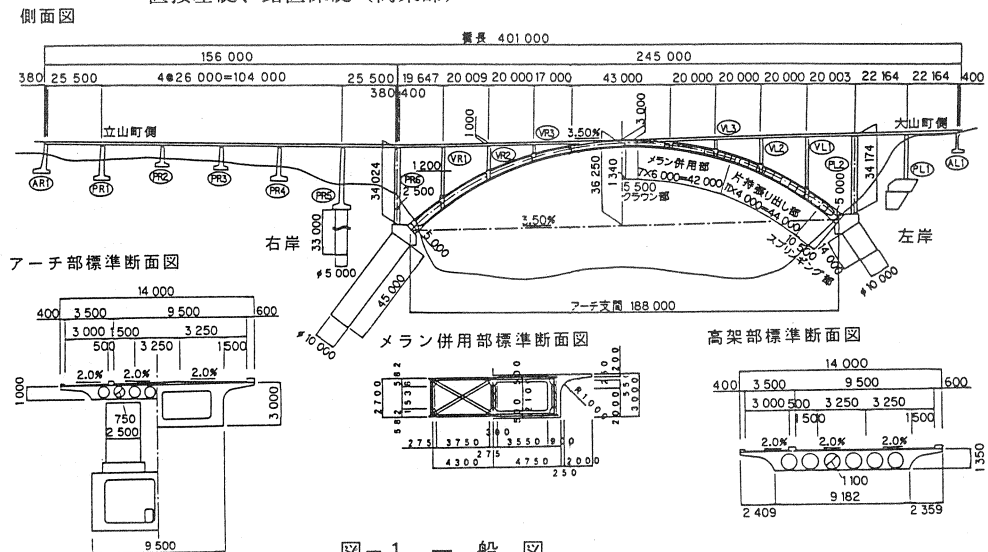


図-1 一般図

2.2 地形・地質概要

架橋地点は、常願寺川により形成された河成段丘で、兩岸とも切立った急崖を呈している。アーチ基礎部の支持地盤は、右岸側は手取層群の砂岩・頁岩・礫岩の互層から成るが、断層破砕帯を層状に挟んでいる。

左岸側は流紋岩および流紋岩質凝灰岩から成り、表層部からC_M~C_H級の良好な岩盤となっている。

2.3 橋梁形式の選定

地形・地質条件および立山連峰の眺望への配慮から、本橋の橋梁形式は、180m以上の支間長が可能で橋面より上部の眺望を阻害しない構造形式(主塔などの設置が不可)の選定が必要となる。

選定にあたっては、景観に対する配慮はもとより経済性、構造性、施工性、維持管理面を考慮し、上路式RCアーチ橋に決定した。

2.4 基礎工形式の選定

本橋の基礎工形式の選定にあたっては、急斜面上の施工となることや、表層部にD~C_L級の弱破砕帯が存在するなどの地盤条件を考慮して、直接基礎案、鉛直深礎案、斜め深礎案の3案について比較検討を行った。

直接基礎案は最も一般的な工法であるが、フーチング形状が大きくなるため、本橋の架橋位置では、掘削影響範囲が大きくなり景観性に劣る。

鉛直深礎案は常時に大きな水平力が作用するため、杭径が大きくなるだけでなく地盤のクリープ変形が生じる。このため、構造性に優れ、表層部の弱破砕帯部を貫き礫岩に支持させることが可能な斜め深礎基礎を採用した。

なお、斜め深礎杭の設置角度は、杭頭変位、せん断力の小さくなる方向として、死荷重時の上部工反力の合力方向(斜角55度)とした。

3. 下部工の施工

3.1 斜め深礎掘削

基礎本体が斜角55°で傾斜しているため、坑内への資機材の搬入・搬出が問題となる。特に、杭長の長い右岸側では、インクライン設備を設置して、削孔、発破、ズリ出し、吹付けなどの各作業ごとにインクラインを使って重機の搬入・搬出を行った(写真-1)。斜め深礎杭の断面形状は、インクライン設備の使用、NATMによる掘削時の機械施工を考慮して馬蹄形断面を採用している。右岸側の杭長が45mと長いのは、左岸側が表層部から良好な岩盤であるのに対し、右岸側では、断層破砕帯が存在しており、基礎の沈下や地盤のクリープ変形による支点移動を避けるため、破砕帯を貫き礫岩に支持させたことによる。

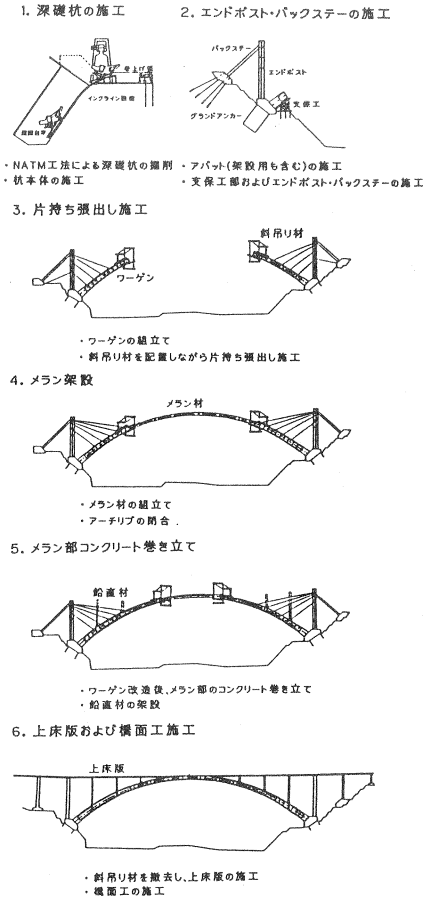


図-2 施工要領図

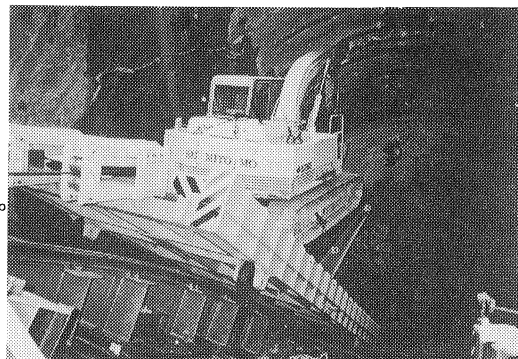


写真-1 インクライン稼動状況

掘削は、発破掘削とし、上部半断面水平ベンチカット工法を採用した。掘削に際しては3次元FEM解析を行い、支保工の妥当性を検証するとともに、施工時に内空変位、ボルト軸力などを計測し、地山の挙動と支保工の状態を確認しながら施工を行った。

3.2 斜め深礎杭本体の施工

1リフト長は、コンクリート打設量を考慮して5m程度とし、鉄筋の組立は、掘削同様、クレーン施工が不可能なため、鉄筋の搬入にはインクラインを使用、組立てには高所作業車を併用した。

また、長さ7.5mでD35の主鉄筋を人力で組立てなければならないため、コンクリート打継ぎ面に継手位置を設け、主鉄筋の重量を旧コンクリート面で支保することにより、省力化と組立て時の安全性を確保した（写真-2）。

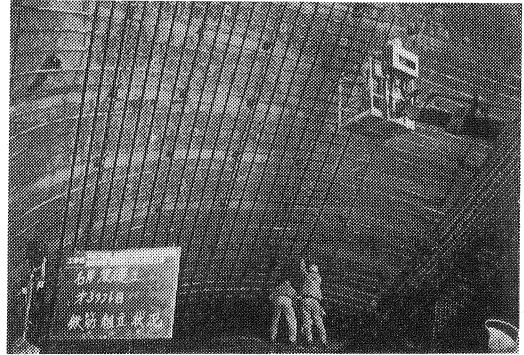


写真-2 深礎杭鉄筋組立て状況

3.3 アーチアバットの施工

アーチアバットは、幅11.5m（アーチリブ幅9.5m）と斜め深礎基礎を採用したことにより、直接基礎に比べ非常に小さな形状となっている。しかし、狭いアーチアバット内に深礎杭頭部鉄筋、アーチリブおよびエンドポストの主鉄筋、帯鉄筋、中間帯鉄筋が交錯している。しかも、すべてが異なる角度での配置となるため、鉄筋の組立ては、非常に煩雑な作業となった。そのため、鋼材による組立て架台で支持しながら作業を行うことで組立て精度と作業の安全性を確保した。

4. 上部工の施工

4.1 スプリング部

スプリング部は、特殊大型移動式架設作業車（以下ワーゲン）が設置可能な長さ10.5mを設置式支保工にて施工した。スプリング部の勾配は43°を有し、傾斜部材の施工となるため、型枠、支保工、鉄筋等の組立てからコンクリートの打設まですべてにおいて困難な作業の連続であった。

鉄筋は、施工性の向上と品質確保のため、D32@125の主鉄筋にネジ式の機械式継ぎ手を採用している。

スプリング部の施工が完了し、支保工を解体した後、ワーゲンの組立てを行った（写真-3）。

ワーゲンには、ブロック毎に変化するアーチリブの勾配に対して常に水平にセット出来るよう角度調整装置が配備されている。

4.2 斜吊り張出し部の施工

ワーゲン設置後、1ブロック長4mの斜吊り張出し施工を左右岸同時に行った。各ブロックともアーチリブの上スラブ内に配置したPC鋼棒を半分ずつ緊張してワーゲンを前進させた。また、2ブロックごとにエンドポスト上部からPC鋼棒の斜吊り鋼材を架設し、エンドポストから緊張を行っている（写真-4）。

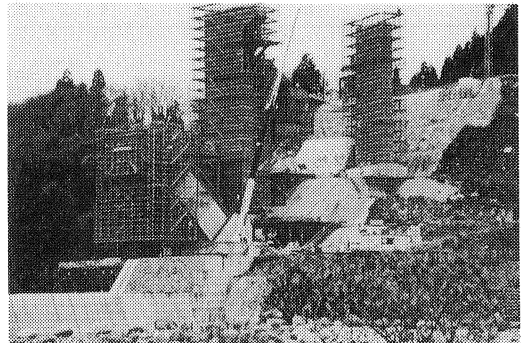


写真-3 ワーゲン組立て状況

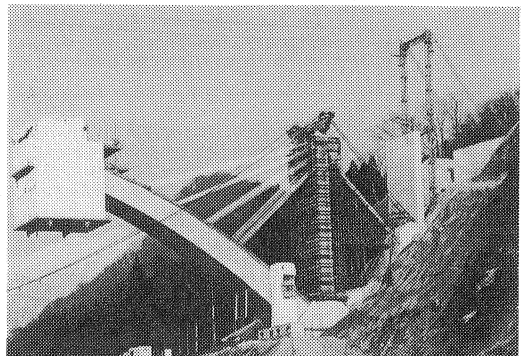


写真-4 斜吊り張出し施工状況

ワーゲン内での鉄筋組立て作業は、斜面上での施工となり、帯鉄筋等の形状保持が難しい。したがって、桁高が高く配置が困難なウェブ鉄筋については、主鉄筋と帯鉄筋を地組み架設して小口型枠とともにケーブルクレーンで一括架設して組立てを行った(写真-5)。これにより、飛躍的に施工性が向上し、1サイクルの工程短縮が図れた。

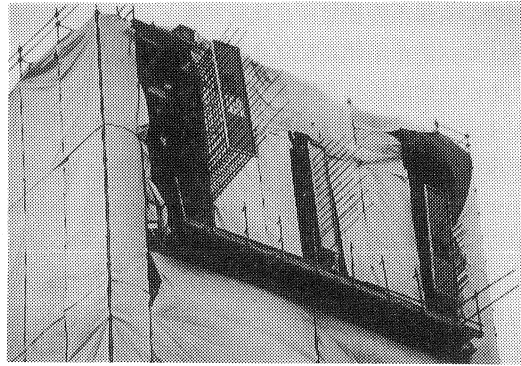


写真-5 ウェブ鉄筋施工状況

コンクリート打設の際は、すべて閉塞状態となるため、スラブ上面は、橋軸方向に設置されたH形鋼の間をスライドできる押さえ型枠構造とし、コンクリートを打設しながら固定した。また、充填性を確保する目的で流動化剤を使用、ワーカビリティの改善を図った。

4.3 メラン部の施工

左岸、右岸とも11ブロックの斜吊り張出し施工を完了後、メラン材の架設に移る。メラン材の架設は、「メラン直吊り一括架設工法」という新しい工法を採用した。この工法は、メラン材を空中で吊り下げながら組立てた後、リフトアップ工法により一括架設を行ってメラン材をコンクリートのアーチリブと閉合する工法である。本工法と施工実績の多いピロン・メラン工法との比較を表-1に施工要領図を図-3に示す。

表-1 メラン材架設方法比較検討表

	ピロン・メラン工法	メラン直吊り一括架設工法								
架設図										
工法の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・帝釈橋、宇佐川橋等に用いた実績の多い架設工法である。 ・コンクリートの張出し架設が終了してからメラン架設となる。 ・メラン材は、斜吊り材を用いての片持ち張出し架設となる。 ・斜吊り材は、エンドポスト上に設置したピロンから架設する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・別府明雲橋の地組みによる一括吊上げ架設の改良工法である。 ・メラン材を地組みする替わりに主索からの直吊り架設で組立てる。 ・直吊り架設は、コンクリート張出し施工と並行作業が可能。 ・一括吊上げは、ワーゲンからのリフトアップジャッキで行う。 ・タイドケーブルを使用することにより、メラン材の応力管理が容易。 								
架設方法	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート張出し架設終了後、ワーゲンを後方に移動する。 ・エンドポスト上にピロンを架設する。 ・メラン材を1ピースずつケーブルクレーンにより、張出し架設する。 ・数ピース架設後、ピロンから斜吊り材を張り渡しに緊張する。 ・以下同様順次張出し架設を行い、中央部で連結する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・エンドポスト上から主索ケーブルを張り渡し、ハンガー索を取付ける。 ・コンクリートの張出し施工と並行してメラン材の直吊り架設を順次行う。 ・メラン材組立て完了後、タイドケーブルの架設・緊張を行う。 ・ワーゲンに取り付けたリフトアップジャッキのロッドとメラン材を連結。 ・所定の位置まで吊り上げ、アーチリブに固定し、タイドケーブルを解放。 								
架設工期	<ul style="list-style-type: none"> ・架設工期を決定する工程 合計 120日 メラン支承擔付け、ワーゲンの後退、メラン材の架設、斜吊り材の架設、中央連結部材の架設、斜吊り材の撤去 ・ワーゲンとの並行作業が可能で工期に影響がない工程 合計 20日 ピロンの架設 	<ul style="list-style-type: none"> ・架設工期を決定する工程 合計 60日 ワーゲンの改造、メラン材の一括吊上げ準備、メラン材の一括吊上げ架設、タイドケーブルの撤去 ・ワーゲンとの並行作業が可能で工期に影響がない工程 合計 60日 主索ケーブルの架設、メラン材の直吊り架設 								
数量概略比較	<p>メラン材 直吊り一括架設の場合、ブロックの長大化が図れるため、添接板の鋼重が減少し、メラン支承も不要。</p> <p>ピロン 直吊り一括架設の場合、塔頂部に受梁が必要となる分、ピロンは不要。</p> <p>吊り材 直吊り一括架設の場合、主索ケーブルおよびハンガー索が必要となる分、斜吊り材が不要。</p> <p>アンカー材 直吊り一括架設の場合、バックステーに作用するアンカー力が半分に減少。</p>	<p>ピロン・メラン : 直吊り一括架設・</p> <table border="1"> <tr> <td>1.00</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>1.30</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>0.50</td> </tr> </table> <p>* ピロン・メラン工法を1.0とした場合の必要鋼材重量比較</p>	1.00	0.90	1.00	0.40	1.00	1.30	1.00	0.50
1.00	0.90									
1.00	0.40									
1.00	1.30									
1.00	0.50									

地形・地質概要で述べたように、アンカー一部定着付近の地盤も断層破砕帯を層状に挟んでいるため、アーチ閉合までに生じるアンカー部の水平力を出来る限り軽減する必要がある。

したがって、表-1の比較により、アンカー張力の軽減と大幅な工程短縮が図れるメラン直吊り一括架設工法を採用した。以下、施工概要を述べる。

(1) メラン直吊り架設

本橋のメラン架設位置は、河川内で地組みすることが不可能であるため、エンドポストから張り渡した主索ケーブル(φ56mm、6×2本)に、メラン材を順次ハンガー索で吊り下げながら架設する(写真-6)。

メラン材の組立て高さは、最大河川増水時にメラン材が流失しない位置まで低くして、主索ケーブルのサグ量を大きくとることとした。これにより、架設時に必要なアンカー力が低減可能となった。

また、メラン材を低い位置で組み立てることにより、トラッククレーン施工が可能となり、ケーブルクレーン施工に比べて施工性が飛躍的に向上した。

(2) メラン一括架設

直吊り架設して組み立てたメラン材(W=610tf)をワーゲン先端に設置した8台(2台×4箇所)のロード式リフトアップジャッキ(吊上げ能力150tf/台)で吊り上げ、コンクリートのアーチリブと閉合する。

一括吊り上げ時は、直吊り時の多点支持から両端の2点支持となるため、メラン材の両端からタイドケーブルを張り渡している。これにより、吊り上げ時のメラン材は、タイドアーチ構造となる。連結時のメラン材の応力管理もこのタイドケーブルのプレストレスを利用して行った。

メラン材とコンクリート部の連結方法は、図-4に示すようにあらかじめ、ゲルバーヒンジ構造のメラン端部受け部材(W=10tf×2)をコンクリート部先端に仮置きしておき、吊り上げてきたメラン材と添接板で連結する。メラン材の形状および応力を確認したのち、メラン端部背面とコンクリート部の間を無収縮モルタルにより間詰めを行う。最後にタイドケーブルを解放することにより、鋼とコンクリートの混合アーチ構造が完成する。

一括吊り上げ時の留意点は、次の2点である。

- ① 吊り上げ中の強風
- ② 温度変化による部材の伸縮

このため、1年以上にわたり現地で風速を観測し、気圧配置等の気象データとともにデータベースを作成した。吊り上げ日については、そのデータをもとに、予想気圧配置の気圧傾度から風速を予測して慎重に決定した。

また、吊り上げ時間については、吊り上げ高さが43mで、約8時間要することから、温度変化の影響が比較的少ない午前2時から開始することとした(写真-7、8)。

この結果、吊り上げについてはほぼ無風状態で行うことができ、また、温度変化による部材の伸縮もほとんどなく、メラン支間長と吊り上げ支間長との誤差はわずか8mm程度であった(写真-9、10)。

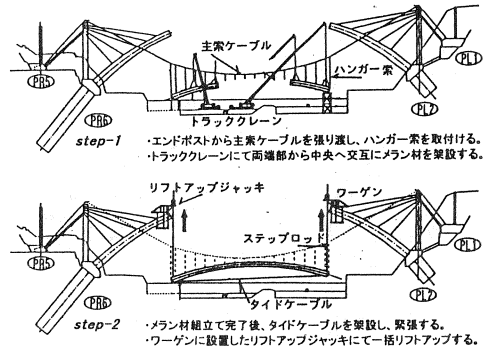


図-3 メラン材施工要領図

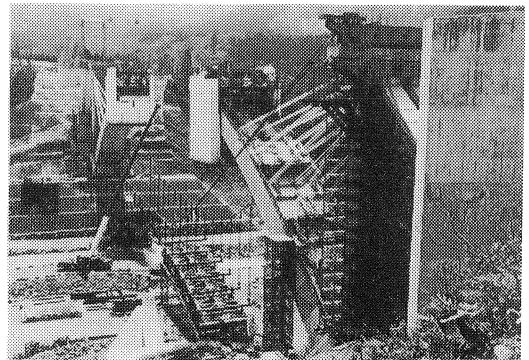


写真-6 メラン直吊り架設状況

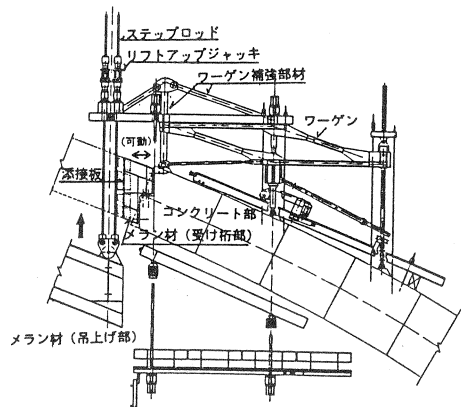


図-4 メラン連結部詳細図

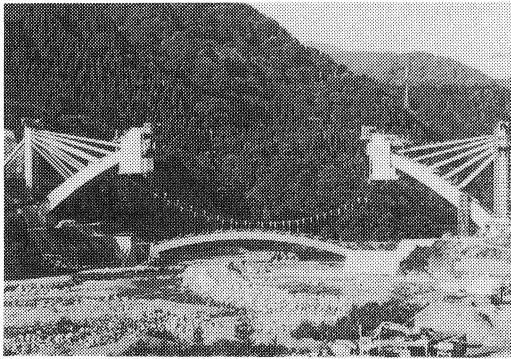


写真-7 一括架設前

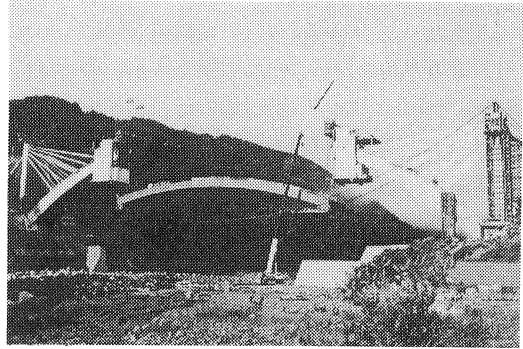


写真-8 一括架設中

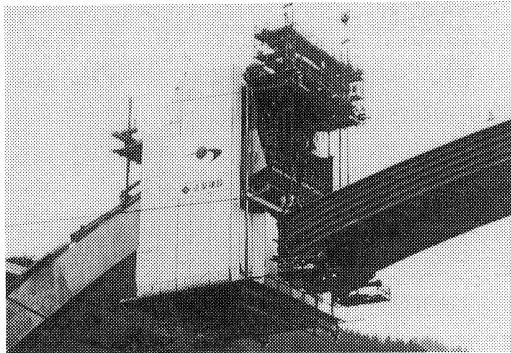


写真-9 メラン連結前

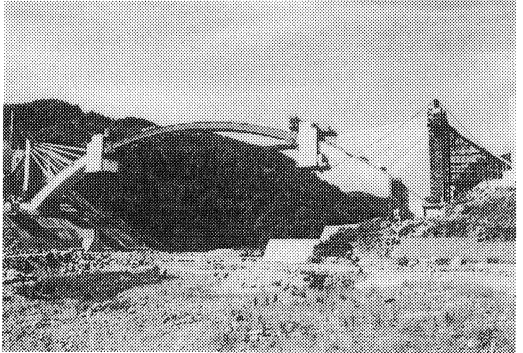


写真-10 メラン連結完了

5. おわりに

コンクリートアーチ橋は、完成すると非常に美しい構造形式ではあるが、すべて傾斜がある中での施工となり、常に創意工夫が要求される構造物である。

本橋で採用したアーチ基礎構造とメラン工法の新しい技術は、表層部が比較的軟弱な地盤の斜面においても施工が可能であることから、コンクリートアーチ橋の適用条件を飛躍的に拡大する技術といえる。

現在、2000年とやま国体冬季大会までの完成を目指し、メラン部のコンクリート巻き立て施工中であり、進捗状況については、極楽橋(仮称)橋梁建設工事ホームページ(<http://www.nsknet.or.jp/~g-bridge/>)で公開中である。

最後に本橋の施工にあたり貴重なご意見、ご指導を賜った「(仮称)極楽橋 技術検討委員会(委員長 横浜国立大学 池田尚治教授)」の委員の方々をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 祖父江隆：新開発インクライン設備を採用した大口径NATM斜め深礎の施工、北陸の建設技術 Vol171、pp. 14~15、1997. 5
- 2) 中野聡一郎：極楽橋(仮称)長大アーチ橋の設計と施工、土木技術 52巻9号、pp. 46~56、1997. 9
- 3) 中野聡一郎、大磯章、中村収志、北田郁夫、黒川幸彦：大口径斜め深礎基礎の設計・施工。一極楽橋(仮称)一、土木施工 Vol139、No3、pp. 66~72、1998. 3