

# 鋼管コンクリート複合構造橋脚施工の細部技術

## Details technique of the construction for steel pipe concrete composite bridge pier

岩川 真一\*      西内 宏\*  
 Shinichi Iwakawa      Hiroshi Nishiuchi

### 要 約

本工事は、北近畿豊岡自動車道の延伸工事である八鹿日高道路区間のうち青山川橋（L = 262 m の内、上部工 177 m、下部工 橋脚 2 基、基礎 3 基、橋台 1 基）の橋梁工事である。橋脚は、高さ 46.5 m、25.5 m の高橋脚であり、平成 28 年度日高 IC までの暫定供用開始にあたり、工程短縮を図るために鋼管・コンクリート複合構造が採用された。施工にあたりこの工法の施工マニュアルはあるものの、細部技術について記載されている書物が無く、施工手順が確立されていないため、各作業工程の細部技術を検討し、実施したことで、P1 及び P2 橋脚施工を計画工程より 1.5 箇月早く完成することができた。施工実績を踏まえ、各作業工程の細部技術と施工結果について報告する。

### 目 次

- § 1. 工事概要
- § 2. 鋼管・コンクリート複合構造橋脚概要
- § 3. 施工方法及び細部技術について
- § 4. 課題と対策及びその効果について
- § 5. まとめ

- 工事内容：PC4 径間連続ラーメン箱桁橋  
 （L = 262 m のうち工事延長 L = 177 m）
- 上部工：PC 片持架設箱桁橋工事  
 下部工：橋脚 2 基  
 大口径深礎 3 基  
 橋台 1 基

### § 1. 工事概要

工 事 名：八鹿日高道路青山川橋上下部工事  
 工事場所：兵庫県養父市八鹿町青山地先  
 発 注 者：国土交通省 近畿地方整備局  
 工 期：平成 26 年 1 月 30 日～平成 29 年 2 月 28 日

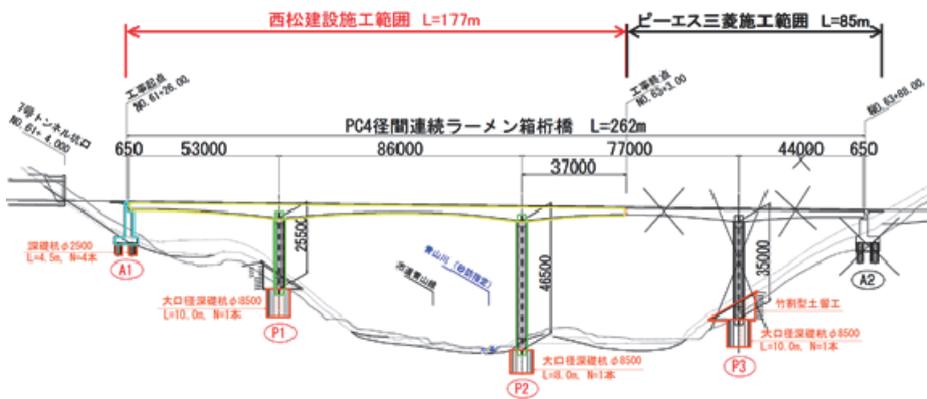


図-1 青山川橋側面図

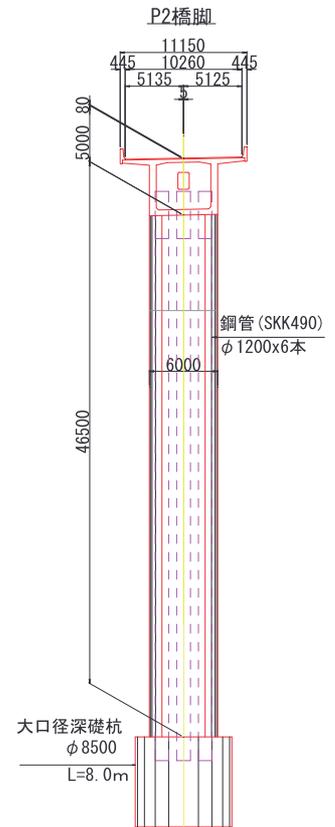


図-2 青山川橋 P2 橋脚正面図

\* 西日本(支)八鹿青山(出)

§2. 鋼管・コンクリート複合構造橋脚概要

2-1 鋼管・コンクリート複合構造橋脚について

鋼管・コンクリート複合構造橋脚は、平成5年度に大分自動車道重原橋において試験施工が行なわれ、有効性が検証されたことから、その後、山形自動車道の大綱川橋、小綱川橋で本格的な施工が行われ、現在50件以上の工事で施工実績がある。

この工法は大口径の鋼管をコンクリートの中に埋込むのが特徴である。さらにPCストランドというPC鋼より線を主鉄筋のまわりに巻きつけることで補強し、鉄筋量を大幅に減らした構造であり、施工を簡素化しながら、耐震性、耐久性を保持できるのが特徴である。

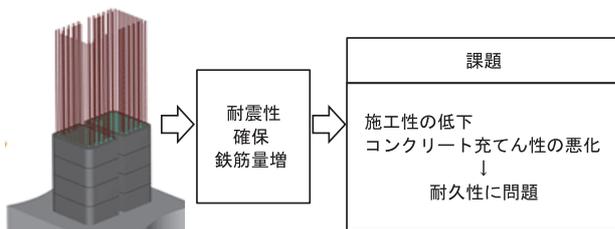


図-3 中空構造橋脚（従来工法）の特徴

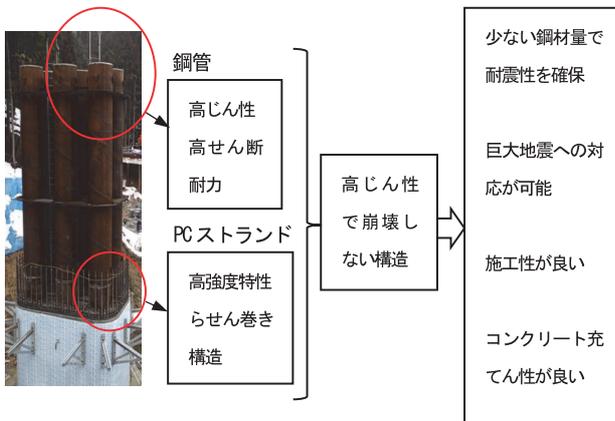


図-4 鋼管コンクリート複合橋脚の特徴

表-1 従来工法と鋼管コンクリート複合構造橋脚の比較

項目	中空構造橋脚（従来工法）	鋼管・コンクリート複合構造橋脚
①鉄筋量	耐震設計となり多量の鉄筋が必要 内部の鉄筋が必要	主鉄筋D51にPC鋼より線をらせん状に巻きつける補強のみで内部の鉄筋がないため、大幅に鉄筋量を削減
②脚長実績	30m程度が多い	40m以上が多い
③施工性	中空部にも足場および型枠が必要となるため、高橋脚になるほど施工性が悪い 鉄筋が多量にあるため、コンクリートの充填性が悪い	大口径の鋼管をコンクリートの中に埋め込むことで、内部型枠も不要となり、施工性・コンクリートの充填性が良い
④施工期間	P1橋脚(H25.5m)：145日 P2橋脚(H46.5m)：220日 計365日	P1橋脚(H25.5m)：115日 P2橋脚(H46.5m)：155日 計270日
⑤経済性	P1橋脚：49,774千円 P2橋脚：76,985千円	P1橋脚：54,003千円 P2橋脚：79,188千円

2-2 従来工法との相違について

複合構造橋脚と従来工法の中空構造橋脚との違いと特徴を表-1に記載する。高橋脚を有する橋梁は、連続ラーメン形式になることが多いことから、中空構造橋脚（従来工法）を採用した場合、耐震性を確保するため、高橋脚になるほど中間鉄筋量が多くなる傾向にある（図-3参照）。このため鉄筋組立やコンクリート打設作業の効率が低下することが問題点として挙げられる。但し、型枠・鉄筋・コンクリート打設が一般的な作業のため、コストが比較的安く、脚長が30m以下の施工実績が多い。

一方、鋼管コンクリート複合構造橋脚は、鉄筋量が少なく、かつ、鋼管2本目以降は繰り返しの作業工程となることから、作業効率が向上し、高橋脚になるほど従来工法との工程の差が大きくなる。但し、鋼管及び鋼管溶接のコストが高いことから、脚長が短いほど、コスト高となる。このため、脚長が40m以上の施工実績が多い。

§3. 施工方法及び細部技術について

3-1 施工方法

鋼管・コンクリート複合構造橋脚の施工フロー（図-6）を示す。

3-2 施工方法及び各作業工程における施工ポイント

第1工程のポイント

- ・鋼管架台を水平に設置し、鋼管の下に設置した油圧ジャッキで、トランシット2方向で鋼管の建ちを調整しながら建込む（写真-16）。建込み後6本の鋼管を山形鋼（L-75×75×9）上段と中段2箇所て連結することで転倒を防止する（写真-17）。
- ・鋼管補強リング筋は鋼管建込み前にセットしておく（写真-18）。
- ・中間足場・溶接作業足場には、あらかじめ配筋間隔を



図-5 鋼管コンクリート複合橋脚構成図

- 第1工程（深礎埋込み鋼管・鉄筋1段目建込み）**
1. 深礎内鋼管架台組立（写真-1）
  2. 鋼管建込み1回目（写真-2）
  3. 鋼管補強リング筋組立（写真-3）
  4. 中間保持，溶接作業足場設置（内外足場）（写真-4）
  5. 主筋 D51 建込1回目（写真-5）
  6. PC 卷付機，PC 卷付け足場設置（写真-6）
  7. PC 鋼より線卷付け（深礎天端）（写真-7，8）
  8. 深礎天端鉄筋
  9. 深礎2回目コン打設（深礎天端）



写-1 鋼管架台



写-2 鋼管建込み1回目



写-3 鋼管補強リング筋組立



写-4 溶接作業足場

- 第2工程（1回目橋脚躯体打設）**
10. 中間保持，溶接作業外足場撤去
  11. 枠組足場設置（5mまで）
  12. PC 卷付け機設置，PC 鋼より線卷付け
  13. 鋼製型枠組立（写真-9）
  14. 鋼管中詰コンクリート打設
  15. 橋脚コンクリート1回目打設



写-5 主鉄筋 D51 建込



写-6 PC 卷付機および足場

- 第3工程（2段目以降の鋼管鉄筋建込み）**
16. 鋼管建込2回目（写真-10）
  17. 中間保持フレーム，作業足場設置（内外設置）
  18. TOS クライミング足場設置（写真-11）
  19. 鋼管現場継手半自動溶接，溶接試験（写真-12）
  20. 主筋 D51 建込み2回目，機械継手樹脂固定（写真-13）
  21. PC 卷付け機設置，PC 鋼より線卷付け
  22. 鋼製型枠組立
  23. 橋脚コンクリート2回目打設（写真-14）
- 以下3回目以降は，繰返し作業



写-7 PC 鋼より線卷付機



写-8 PC 鋼より線卷付



写-9 鋼製型枠



写-10 鋼管建込み2回目

図-6 施工フロー図



写-15 P2 橋脚完了



写-11 TOS クライミング足場



写-12 鋼管溶接



写-13 機械継手



写-14 コンクリート打設

凹型に加工した鉄筋ゲージプレートを取付け、作業足場の位置をセットし固定することで、主鉄筋の建込み作業を容易にする（写真－19）。

- ・主鉄筋は橋脚断面の1箇所に鉄筋間隔を400mm程度にして出入口を確保する（写真－20）。400mmに拡大した分は周囲の鉄筋間隔を調整する。この出入口は作業員の出入りのほか、高リフト打設時のコンクリート圧送管の投入口として利用するため、大変重要である。
- ・主鉄筋 D51 は中間保持・溶接作業足場に結束線でタスキ状にしっかり結束する。
- ・初期 PC 鋼より線の巻付けは、PC 巻付機を鋼管上部に設置して行う。巻付け高さは深礎天端 30 cm 程度で止める。
- ・主鉄筋はあらかじめネジ節鉄筋の平らな部分を外側に向けて設置すると PC 鋼より線が巻き易くなり、巻付け間隔も合わせ易くなる。また主鉄筋と PC 鋼より線の結束は、結束線のみでは巻付け後に緩みが生じるため、専用のパイプバンドを 90 cm 間隔で設置する（写真－21）。

第2工程のポイント

- ・PC 鋼より線は、巻付け1施工ごとに切断するため2回目以降の巻付けには継手を必要とする。継手は図－4のように橋脚内部に所定の鋼線定着長を有する継手構造となる。
- ・橋脚躯体の内部温度上昇を抑制するために、鋼管の中詰めコンクリートは橋脚コンクリートより先行して打設し、内部拘束によるひび割れを小さくする。

第3工程のポイント

- ・2回目以降の鋼管建て込みは、建止め金具を鋼管の4箇所に取付け、トランシット2方向で建ちを合わせる。鋼管溶接のルート間隔を確保するために鋼管の隙間に定規をあてる（写真－22）。
- ・鋼管建て込み後に、中間足場及び溶接作業足場を外足場を付けた状態で設置すると作業床の安全性が保たれ、鋼管6本の連結作業がし易くなる（写真－4）。
- ・鋼管は半自動ガス溶接を行なうが、風の影響を受け易いため、足場をシートで覆い、風よけ対策を必要がある（写真－23）。

§4. 課題と対策及びその効果について

4-1 課題

鋼管・コンクリート複合構造橋脚を施工するにあたり、懸念される問題点があった。

(1) 鋼管の施工精度

鋼管建て込み精度が、主鉄筋と躯体とのかぶりや橋脚躯体構築精度に影響するため、建て込み精度が悪いと次工程への影響が大きい。

(2) 安全

高さ50mの高所作業となるため、墜落転落・飛来落下災害の防止に当たっては安全対策を万全にしなければならない。吊金具の工夫や足場組立の工夫が必要である。

(3) 工程

P2深礎の無発破工法により工程が約3ヶ月遅延したため、RC橋脚の全工程270日を約30日程度短縮する必要があった。型枠工と足場工など作業工程の仮設計画を工夫することが必要である。



写真-16 鋼管建ち調整 (油圧ジャッキ)



写真-17 鋼管連結



写真-18 鋼管補強リング筋



写真-19 鉄筋ゲージプレート

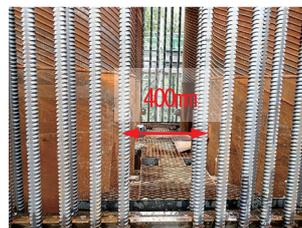


写真-20 鉄筋出入口



写真-21 パイプバンド

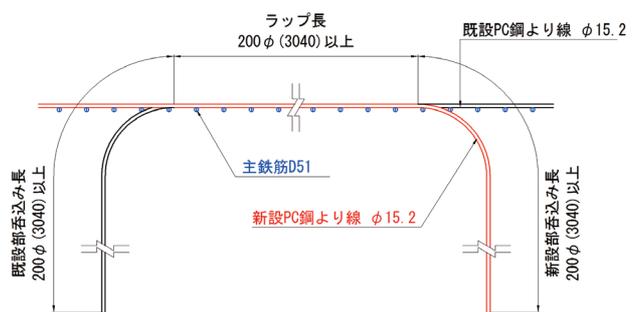


図-4 PC 鋼より線継手詳細図



写真-22 鋼管建ち調整 (建止め金具)



写真-23 鋼管溶接シート養生

以上より、鋼管・コンクリート複合構造橋脚は、当社での施工実績がないため、事前に施工検討会を開催し、工程、施工精度、品質、安全に対して、各作業工程における課題を抽出し、対策を検討した。

4-2 対策

(1) 鋼管建込み精度の工夫

①管架台の十字型架台の採用 (写真-24)

・鋼管架台を十字型にして、架台の直角2方向に位置決め用の山形鋼を溶接し、鋼管下部の位置を合わせた。鋼管の建ちの微調整は、油圧ジャッキで行った (写真-16)。

②管吊金具の工夫

・鋼管の吊上げ作業には、垂直にバランスよく吊上げる玉掛用具「チェーンエコライザー」と作業床から玉掛けを取り外し可能な「コラムロック」を使用した (写真-25)。

③溶接ひずみによる鋼管の傾きを小さくする工夫

・溶接により鋼管の建ちが傾かないように建止め金具を付けたまま、4方向を点付け溶接し、1層目の溶接を行う。1層目の溶接完了後、建止め金具を撤去し、以後6層の溶接を行うことにより精度を確保する (写真-26)。

④鋼管温度上昇による傾きのリスク対策

・日向と日陰の温度差 (真夏は最高70℃まで上昇) で鋼管が湾曲するので、建ち決めは直射日光が当たらない早朝または曇りの時に行なう。  
 ・鋼管建込み後、鋼管内を注水又は空冷し、鋼管内のクーリングを行なう。排水後、鋼管内の底に水が溜まり、腐食の原因とならないために水抜き管を1本目の管に設置する。

(2) 鋼管溶接の品質確保

①溶接 (半自動ガス溶接) における欠損箇所の補修方法

・早期発見方法として浸透探傷試験と超音波探傷試験を行い、欠陥があった場合は、その場でガウジングと再溶接を行う体制とした。

(3) 安全対策と工程短縮方法

①鉄筋建込み方法の工夫

・主鉄筋 D51 建込み用に鋼製カップラーで鉄筋吊具を製作し (写真-27)、吊具は鉄筋を5本吊かつワイヤーの長さを30cmずつ変える構造とした (写真-28)。鉄筋を5本連続した建込みが可能であり、かつ転倒を防止できる。

②大判鋼製型枠の使用

橋脚コーナー部分が円形であり、合板では時間がかかるため、高さ5mで4分割の構造とした大判鋼製型枠を使用した (写真-9)。

・P1、P2橋脚ともに同じ形状のため全てに転用可能  
 ・設置に約2日であり、とび工でも組立可能

③TOSクライミング足場の使用

表-2 作業工程における課題

作業工程	各作業工程における課題
①鋼管建込	・深礎呑込み部における架台精度の保持
	・30mmの鉛直精度での据付方法
	・高さ10mの鋼管の玉掛取り外し時における安全対策
	・夏季施工時、鋼管の温度上昇による傾きのリスク
②鋼管溶接	・溶接時における鋼管の鉛直精度の確保
	・溶接欠損部の早期発見と補修方法
③主鉄筋建込	・140本ある主鉄筋D51を安全に早く建込む方法
④型枠建込	・コーナー部分が円形であり、合板型枠組立による工程の遅延
⑤足場組立	・高さ46.5mの高橋脚であり、足場組立時の安全対策と工程遅延



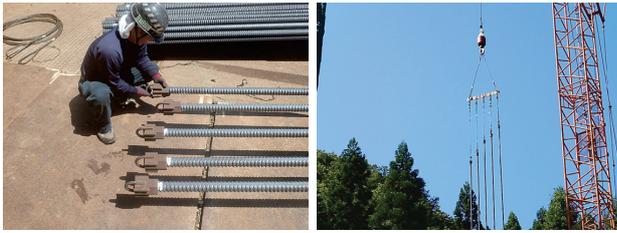
写-24 鋼管十字型架台



写-25 鋼管吊金具



写-26 鋼管溶接 (1層目)



写- 27 鉄筋吊具  
(カップラー)

写- 28 鉄筋吊具  
(5本吊ワイヤー)

TOSクライミング足場は、既設コンクリートに埋設したアンカーに大型ブラケットを据付け、その上に鋼製足場を上載してコンクリート打設ごとに上昇していく足場である (写真- 11)。

- ・全高が  $H = 13\text{ m}$  あるが、壁つなぎが不要である (特許工法)。
- ・組立に4日かかるが、クライミングする作業は既設コンクリートに取付けたアンカーに掛けるのみの作業のため約0.5日で施工可能。また、足場内部でクライミング作業ができるため、高所作業が少ない。
- ・作業床間の高さが1.9 mと従来足場より20cm高く、作業性に優れている。

### 4-3 効果

#### (1) 鋼管の施工精度

鋼管の鉛直精度の規格値 30 mm に対し、0 ~ 4 mm の範囲で精度良く建込むことができた。また、溶接後もほぼ鉛直精度を保持したまま溶接作業を終えることができた。鋼管溶接の施工順序は最初に4点を仮溶接することが重要である。また、鋼管を注水冷却することは鉛直精度保持の他、コンクリート内部温度によるひび割れ抑制にも効果があった (鋼管内の水温が 40℃ まで上昇)。

#### (2) 安全

高さ 50 m の高所作業であったため、高所での作業を最小限にするため TOS クライミング足場を使用し、吊金具などを工夫したことで、墜落転落・飛来落下災害のリスクを低減することができた。

#### (3) 工程

2基の橋脚全体で、計画工程よりも45日間ほど短縮することができた。特に P1 橋脚に関しては、作業がスムーズになってきたこと、型枠・TOS 足場全体を転用したことで、組立ての手間を省くことができたことが短縮を可能にした。また、1リフトあたりの作業工程は当初 10 日であったが8日に短縮できた。

表- 3 鋼管建込み精度 (規格 ± 30 mm)

施工精度	平均	最大	最小
建込み直後	2mm	4mm	0mm
溶接後	5mm	7mm	0mm

表- 4 計画工程および実施工程

	計画	実施
P1橋脚 25.5m	115日	85日
P2橋脚 46.5m	155日	140日

表- 5 実施作業日数

作業工程	実稼働日数
鋼管建込 (溶接・中間足場込み)	1
鋼管溶接	1.5
主鉄筋建込み	1
PC鋼より線巻付	0.5
型枠建込	2
型枠解体	1
足場クライミング	1

## §5. まとめ

鋼管・コンクリート複合構造橋脚は細部技術が確立されていないため、5回の施工検討会を経て施工方法を検討した結果、工程短縮や精度の向上、無事故での施工につながった。ただし、橋脚頭部の上部埋設物の多い箇所は、鋼製型枠に多数の穴を開けるため、穴跡が残り、コンクリート表面の見栄えが悪くなったことは今後の課題である。当社では初めての工法であり、技術的財産として継承することで、今後の高橋脚施工に活用できたら幸いです。

**謝辞:** 本工事を施工するに際して、本社土木設計部をはじめとした関係各位の皆様には、多大なご指導、ご協力をいただき感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 日本道路公団 技術部：鋼管・コンクリート複合構造橋脚 設計マニュアル改訂版 平成 12 年 1 月。