

守口ジャンクションにおける柱と基礎の ソケット接合形式橋脚の設計・施工

阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部守口ジャンクション建設事務所 岡崎 展也
阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部守口ジャンクション建設事務所 山名 宗之
阪神高速道路(株)建設事業本部建設技術課 小坂 崇

要 旨

守口ジャンクション連絡路Aにおける、12号守口線と新設連絡路が接続する区間(守口線-AP3橋脚間)は、維持管理面、走行性向上の観点から縦目地は設けず、床版連結を行い、既設橋脚と同一断面で基礎の配置を計画している。しかし、AP3橋脚については、地下埋設物や交差点道路により構造寸法に制約を受けるため、基礎をケーソンとし、橋脚を鋼構造とした上でケーソンとの接合部に従来のアンカーフレーム形式ではなく、ソケット接合形式(ケーソン基礎頂版部に設置した鋼管(ソケット鋼管)の中に、鋼製柱を挿入し、その隙間にコンクリートを充填し結合する形式)を採用することによりケーソン径を縮小している。本論文では、鉄道構造物では採用実績があるが、道路橋での採用実績は少なく、高速道路施工として初めての採用となる「柱と梁のソケット接合形式橋脚」の設計・施工についてまとめるものである。

キーワード:ソケット接合形式, 鋼製橋脚, オープンケーソン

はじめに

守口ジャンクションは、阪神高速12号守口線と近畿自動車道を相互に接続するジャンクションである(図-1)。本ジャンクションの整備により、高速自動車国道と都市高速道路の連絡を強化し、都心部に集中する交通の分散を図るとともに、事故・災害時の代替路線となって道路網の信頼性を高め、更に一般道路を介して両道路を乗り継ぐ交通が周辺に与える影響を解消し、乗り継ぎ交通の時間短縮を図るものとなっている。なお、ジャンクションの整備は、ONランプ方式とし、12号守口線へ流入する連絡



図-1 守口JCT位置図

路（連絡路 B，連絡路 C）は阪神高速施行，近畿道へ流入する連絡路（連絡路 A，連絡路 D）は NEXCO 西日本施行としている（図-2）。

ただし，それぞれの既設構造物の改築を伴うもの（すり付け部）や共用橋脚の施工については，事業を円滑に進めるべく阪神高速-NEXCO 西日本の2者間において調査設計・工事に関する受委託協定を締結している．本稿で取り扱う AP3 橋脚については，NEXCO 西日本施行箇所であるが，12号守口線拡幅部に該当するため，阪神高速が受託し設計・施工を行っている箇所である．

1. AP3 橋脚



図-2 守口 JCT 計画図

守口ジャンクション連絡路 A における，12号守口線と新設連絡路が接続する区間（守口線-AP3間）は，維持管理面，走行性向上の観点から縦目地は設けず，床版連結を行い，既設橋脚と同一断面での基礎を配置計画している（図-3）¹⁾。

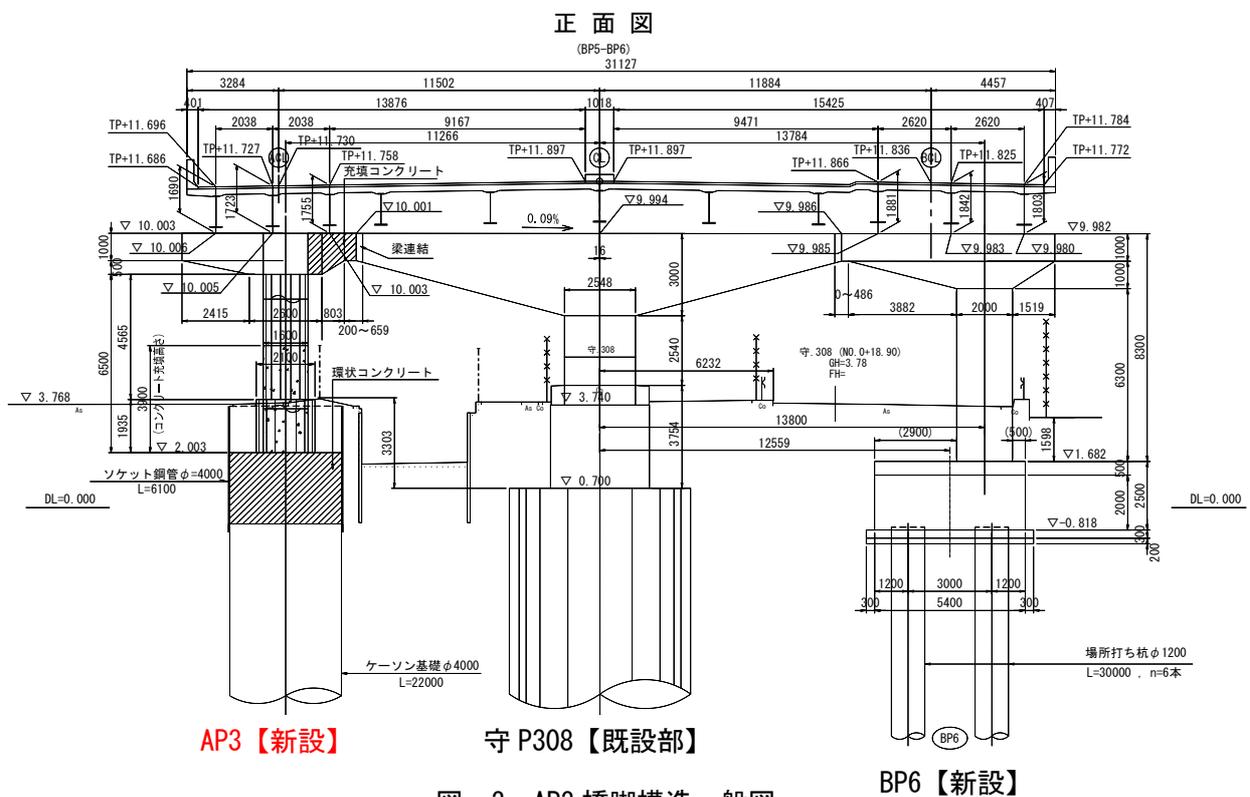


図-3 AP3 橋脚構造一般図

しかし、AP3橋脚については、既設橋脚と同一断面に基礎を配置した場合、地下埋設物(庭窪浄水場の取水管や用水路)や交差点道路に干渉し、構造寸法に制約を受けることとなる(図-4)。

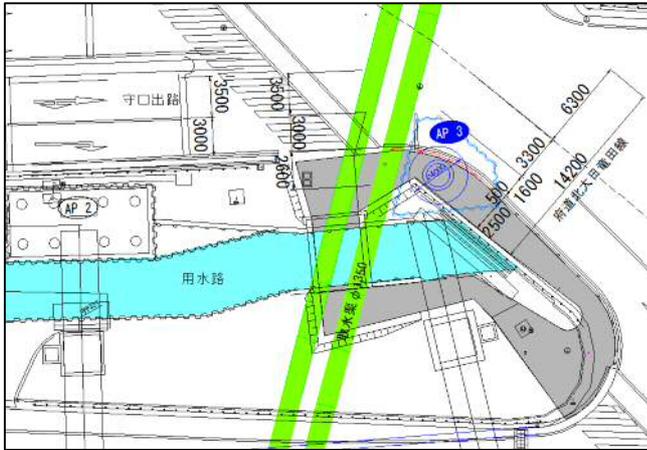


図-4 AP3 橋脚付近平面図

そこで、基礎をケーソンとし、橋脚を鋼構造とした上でケーソンとの接合部に従来のアンカーフレームではなく、ソケット接合形式(ケーソン頂版上に受け用鋼管を用意し、鋼製柱を挿入する。

鋼製柱外側に孔あき鋼板ジベル(以下、PBLと記述)を設け、鋼製柱と鋼管の間にコンクリートを充填し(定着)を採用することによりケーソン径を縮小する案について、これまでの橋脚基礎形式と比較した結果(表-1)、近傍交差点への影響を少なくでき、最も経済的であることから、AP3橋脚基礎形式にソケット接合形式橋脚を採用した。

2. 鋼管ソケット接合形式概要

鋼管ソケット接合は、鋼製橋脚を柱状体基礎(ケーソン、PCウェル等)の上部に設置した鋼管(以下、ソケット鋼管と記述)の中に差し込み、その隙間にコンクリートを充填し(以下、環状コンクリートと記述)結合するもので、従来の一般的な接合で用いられるフーチング・アンカーフレームを省略することにより、基礎構造及び作業占有帯の縮小と工期の短縮等が期待できる構造

表-1 AP3 橋脚基礎形式比較

	①案 従来方式 (RC橋脚+ケーソン基礎)	②案 従来方式 【組杭案】	③案 採用案 【ソケット接合形式橋脚】
概要図			
橋脚	RC柱	RC柱	鋼製柱 (孔あき鋼板ジベル)
基礎	ケーソン基礎 (杭径5m)	場所打ち杭基礎 (組杭 杭径3m×2本)	ケーソン基礎 (杭径4m)
近接埋設物	移設アリ (移設後、ケーソン基礎施工)	移設ナシ (埋設管の管理が難しい)	移設ナシ
交通影響	交通影響中 (③案より規制範囲が少し大きい)	交通影響大 (杭本数が多く規制範囲が大きい)	交通影響小
工期	約12ヶ月	約4.1ヶ月	約7.5ヶ月
経済性 (数値は ③案比)	約 2.3 倍	約 1.5 倍	1.0 倍

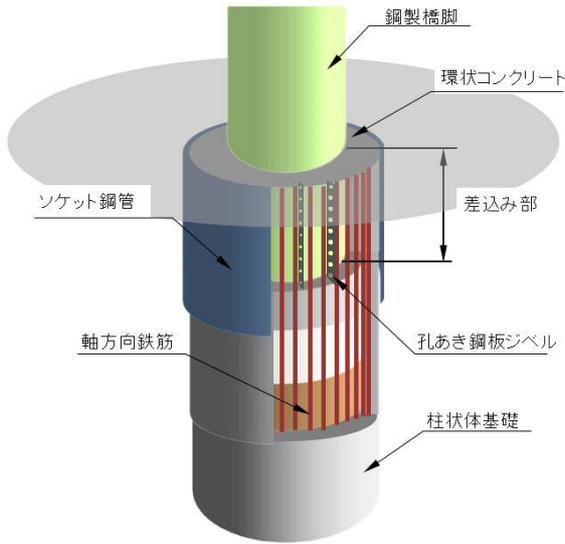


図-5 鋼管ソケット接合

である(図-5)。

この接合方式は、鉄道関連の構造物では標準的な接合法として多くの採用実績があるが、道路橋での採用実績は少なく、道路橋大規模構造物での採用は、国土交通省四国地方整備局施行の小坂高架橋での実績²⁾があるのみであり、守口ジャンクションAP3橋脚で2例目となっている。

3. 鋼管ソケット接合形式橋脚の設計概要

3-1 鋼管ソケット接合形式の設計

鋼管ソケット接合部は、鋼製橋脚と基礎とを連結する構造であり、その要求性能は、道路橋示方書・同解説(以下、道示と記述)Ⅴ耐震設計編³⁾の

アンカー部の規定に基づき、小坂高架橋の設計手法を参考にし、次のとおり設定している。

- ① 常時およびレベル1地震時に対して耐震性能1(発生する応力が許容応力度以下)を確保する。(道示Ⅴ2.2(4))
- ② レベル2地震動に対して塑性変形を生じさせない。(道示Ⅴ11.1(3))
- ③ 鋼製橋脚の水平耐力と同等以上の耐力を有する。(道示Ⅴ11.4)

また、設計での想定を超える外力(レベル2地震動以上)が作用した場合にも、鋼製橋脚基部の塑性化により終局に至る破壊モードとなるよう、各部材の有する耐力の大小関係を『鋼製橋脚<基礎(ケーソン部)<鋼管ソケット接合部』としている。

上記の要求性能を満足させるために、接合部の設計として、次の2条件を満たすように設計している。

- ① 接合部の設計曲げ耐力が、橋脚基部(コンクリート充填鋼製橋脚)の終局曲げ耐力の1.4倍(安全率)を上回ること⁴⁾。
- ② 接合部の設計曲げ耐力が、基礎(オープンケーソン)の終局曲げ耐力を上回ること。

ここで、鋼管ソケット接合の設計曲げ耐力は、鉄道構造物等設計標準・同解説⁴⁾の耐力評価式(以下、鉄標式と記述)により算出している。接合部の耐荷モデルを図-6に、鉄標式を以下に示す。鉄標式では、鋼管ソケット接合の耐荷機構とし

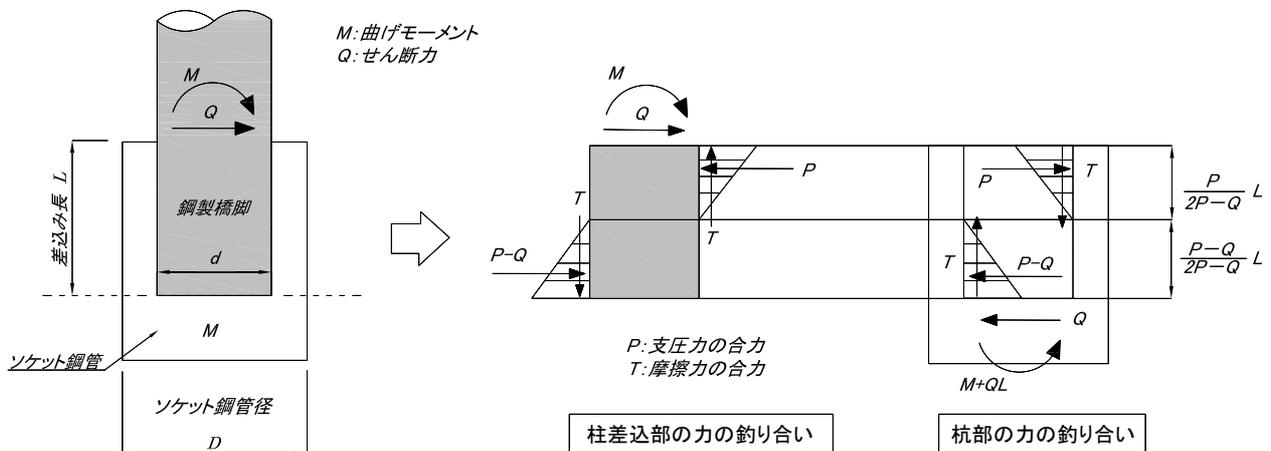


図-6 鉄標式による鋼管ソケット接合の耐荷モデル⁴⁾

て、鋼製橋脚とソケット鋼管との間に発生する支圧力の偶力と、鋼製橋脚とコンクリート間に発生する摩擦力の偶力により、鋼製橋脚に作用する曲げモーメントおよびせん断力に抵抗するものと仮定している。図-6に示されている釣り合いモーメントについて解くことで、接合部の曲げ耐力 (M_{ut}) を次式で与えている。

$$M_{ut} = T \cdot \left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \right) \cdot d - \frac{L \cdot P^2}{3(2P-Q)} + (P-Q) \cdot \frac{L(5P-2Q)}{3(2P-Q)}$$

ここに、

- M_{ut} : 鉄標式による鋼管ソケット接合部の曲げ耐力
- T : 鋼製橋脚に作用する摩擦力の合力の最大値
- P : 鋼製橋脚に作用する支圧力の合力の最大値
- Q : 曲げ耐力時の作用せん断力
- d : 鋼製橋脚の外径
- L : 柱の差込み長

なお、柱の差し込み長さは、 L (差し込み長) $\geq 1.5d$ (鋼製橋脚外径) とする⁴⁾。

また、鋼製橋脚とコンクリート間の摩擦力の合力の最大値 T 、および支圧力の合力の最大値 P は、それぞれ以下の式で表される。

$$T = c \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d \cdot L \cdot \frac{P-Q}{2P-Q} + \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot (P-Q) \cdot \tan \phi$$

$$P = V_s + V_c$$

ここに、

- c : 粘着力 (平鋼管の場合、 $c = 0.7 \text{ N/mm}^2$)
- ϕ : 摩擦角 (平鋼管の場合、 $\phi = 20^\circ$)
- V_s : ソケット鋼管が負担するせん断力
- V_c : 環状コンクリートが負担するせん断力

なお、本 AP3 橋脚では、実験^{5), 6)}で耐力向上の効果が示されているソケット鋼管内面にずれ止め用の鉄筋 (D13) を採用し、更に施工実績²⁾もある PBL を差し込み部の橋脚外面に設置する構造を採用し、より安全性の高い構造としている。

PBL の設計は、ずれ止め耐力が橋脚基部の終局曲げ耐力を上回ることとしている。PBL によるずれ止めの耐荷モデルを図-7 に、耐力評価式を以下に示す。

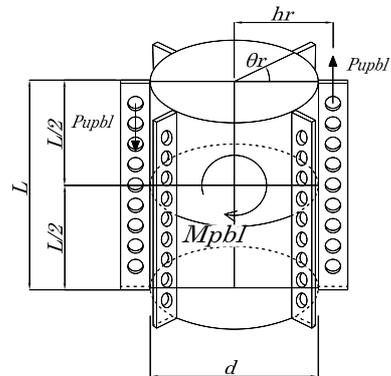


図-7 PBL の耐荷モデル

$$M_{pbl} = \sum_{i=1}^n m \cdot P_{upbl} \cdot h_r \cdot \cos \theta_{ri}$$

ここに、

- M_{pbl} : PBLのずれ止め耐力
- P_{upbl} : PBLの孔1個のせん断耐力
- m : ジベル1本あたりの孔個数
- h_r : 鋼製橋脚断面中心から孔中心までの距離
- θ_r : PBLの取付け角度

なお、PBLのせん断耐力は、「鋼・コンクリート複合橋脚設計手引き」⁷⁾に従い算出している。

ソケット鋼管の外径は、ケーソン基礎と同径とし、板厚は、終局耐力の照査で決定している。また、腐食代として1mmを考慮している。

3-2 構造概要

以上から、決まった AP3 橋脚接合部の構造図を図-8に示す。

ソケット鋼管外径 $D = 4,000 \text{ mm}$ 、鋼製橋脚外径 $d = 1,600 \text{ mm}$ であり、両者の比 $D/d = 2.5$ となった。これは、実験^{5), 6)}等で終局強度を推定できると確認された $D/d = 1.47 \sim 3$ の範囲に入っており、今回の AP3 橋脚にソケット接合形式を採用できるものとなった。

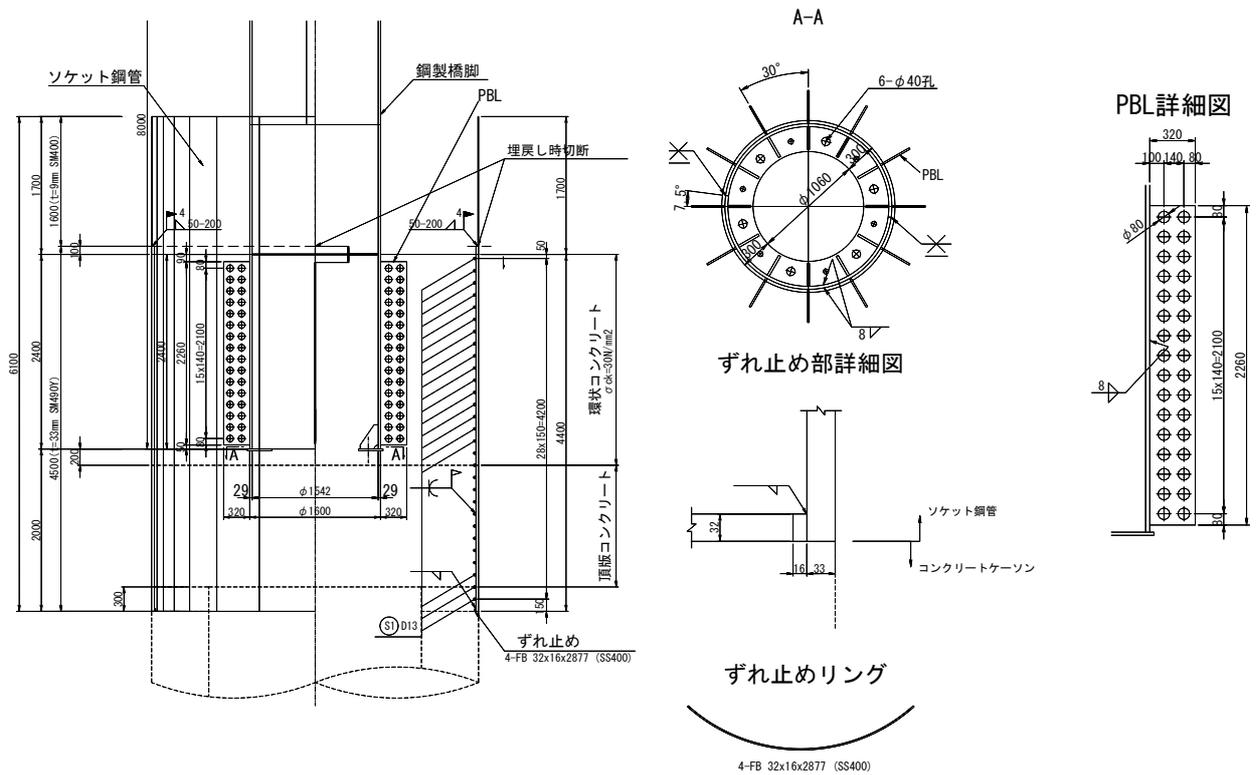


図-8 鋼管ソケット接合部詳細図

4. 鋼管ソケット接合形式橋脚の施工概要

鋼管ソケット接合形式橋脚の施工概要を図-9、写真-1~12に示す。

【STEP1】 オープンケーソンの最終ロットを圧入した後、工場にてソケット鋼管内側にずれ止め鉄筋(D-13 SS400)を溶接したソケット鋼管(1/4

円)をケーソン上に油圧クレーンで設置した。その際、溶接後も真円を確保できるように、歪防止材(PL16t×150×600(SS400))を現場溶接にて設置し、ソケット鋼管(1/4円)の間を各々溶接した(図-10, 11)。ケーソンとソケット鋼管をコンクリートで一体化させ、オープンケーソンの施工同様に所定の深さまで圧入掘削した。

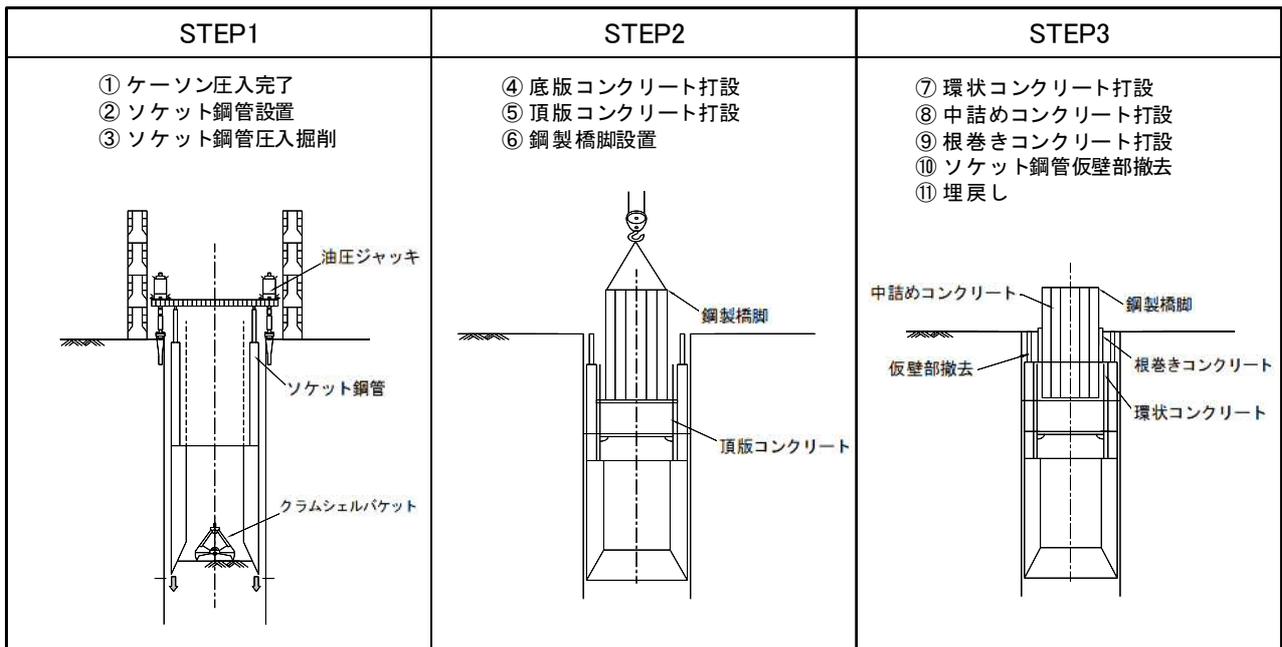


図-9 鋼管ソケット接合形式橋脚の施工ステップ概要



写真-1 ソケット鋼管工場検査



写真-2 ソケット鋼管現地搬入



写真-3 ソケット鋼管据付



写真-4 ソケット鋼管歪み防止材



写真-5 ソケット鋼管据付



写真-6 ソケット鋼管圧入



写真-7 鋼製橋脚架設



写真-8 ソケット鋼管内面



写真-9 環状コンクリート打設完了



写真-10 根巻きコンクリート打設



写真-11 仮壁撤去



写真-12 鋼製梁架設

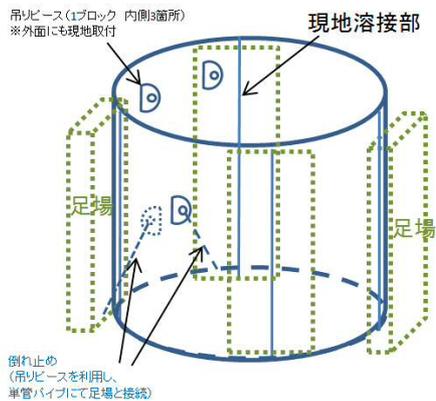


図-10 ソケット鋼管施工概要

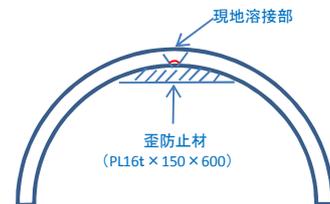


図-11 ソケット鋼管歪み防止材

【STEP2】ケーソンの底版コンクリート、頂版コンクリートを施工し、頂版コンクリート上に鋼製橋脚を設置した。なお、高さ調整は、ライナープレートで行った。鋼製橋脚とソケット鋼管の位

置設定は、鋼製橋脚を吊り下げた状態で、鋼材により溶接仮留を行い、位置決めした。

【STEP3】鋼製橋脚の位置が確定した後、鋼製橋脚とソケット鋼管の隙間を充填する環状コンクリートの打込みを行い、ケーソン基礎と橋脚を一体化させた。その後、中詰めコンクリート、根巻きコンクリートの打設を行い、通常のケーソン基礎同様に、基礎上部の仮壁部の鋼管(t=9mm部分)撤去を行い、埋戻しを行った。

5. まとめ

守口ジャンクションAP3橋脚において、地下埋設物や交差点道路により構造寸法に制約を受けるため、基礎をケーソンとし、橋脚を鋼構造とした上でケーソンとの接合部に高速道路としては初めての「ソケット接合形式」を採用したことにより、構造寸法を小さく抑えることができた。

ソケット鋼管自体の施工では、現場溶接による歪み防止を考慮した施工の必要が出た反面、通常のアncerフレーム施工が無くなり、更に基礎上部の複雑な鉄筋の中でのアncerフレーム設置作業等が無くなった分、施工面は簡素化され、施工

日数も下部工事全体で1ヶ月程度は短縮でき、6ヶ月程度で完成できた。これらの工程短縮及びアncerフレーム自体の省略等により工費縮減が期待できるものとなっている。既往の実験⁵⁾、⁶⁾で確認された「ソケット鋼管外径」と「鋼製橋脚外径」の比率の範囲内であれば、今後も適用が効果的な構造であると考えられる。

参考文献

- 1) 藤林健二, 小坂 崇, 佐々木一則: 守口ジャンクションの構造概要, 阪神高速道路第 42 回技術研究発表会論文集, 2010.
- 2) 社団法人 日本橋梁建設協会 技術委員会 架設小委員会: 交差点急速立体化施工法—クイックブリッジ工法—小坂高架橋の施工—, 橋梁技術発表会平成 20 年度発表会, 2008.
- 3) 社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002 年 3 月
- 4) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物, 2002 年 12 月.
- 5) 野澤伸一郎, 木下雅敬, 築嶋大輔, 石橋忠良, : ずれ止めを用いたコンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価, 土木学会論文集, No.634/V-45, pp. 71-89, 1999. 11
- 6) 高嶋 豊, 蒲原武志, 佐々木保隆, 小田章治, 吉川信男: 孔あき鋼板リブ付き鋼管ソケット接合の耐力評価式の提案, 土木学会 構造工学論文集 Vol. 54A, pp. 798-806, 2008 年 3 月
- 7) 阪神高速道路(株): 鋼・コンクリート複合橋脚設計手引き, 2008 年 6 月

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SOCKET CONNECTION BETWEEN A STEEL PIER AND FOUNDATION IN MORIGUCHI JUNCTION

Nobuya OKAZAKI, Muneyuki YAMANA and Takashi KOSAKA

In the construction of links at Moriguchi Junction between the Hanshin and Kinki Expressways, a connected slab system has been adopted for the connection of a new link on pier AP3 to the existing Moriguchi Route (#12) to eliminate longitudinal joints for increased ease of maintenance and driving comfort, with the foundation located on the same cross-section with the existing pier. Due to structural and dimensional restrictions from underground installations and surface road intersections, pier AP3 was designed to have caisson foundation connected via steel socket for the benefit of a smaller caisson diameter compared to conventional anchor frame system. The socket connection system is a method to connect a bridge pier to the foundation by inserting a steel pier column into a steel socket pipe which is fixed to the top plate of caisson foundation and placing concrete in the gap between the column and the socket pipe. This type of connection has had applications to railway structures, but none to expressway structures before. This paper describes the design of the socket connection and its construction as the first application to an expressway.

岡崎 展也



阪神高速道路株式会社
大阪建設部 守口JCT建設事務所
Nobuya Okazaki

山名 宗之



阪神高速道路株式会社
大阪建設部 守口JCT建設事務所
Muneyuki Yamana

小坂 崇



阪神高速道路株式会社
建設事業本部 建設技術課
Takashi Kosaka