

突起付きPCウェルと鋼製橋脚との新形式 接合構造を有する立体交差化急速施工法の開発

山崎俊幸¹・津川優司²・奥村 学³・岡本真次⁴・豊田幸司⁵

¹片山ストラテック株式会社 品確室 (〒551-0021 大阪市大正区南恩加島6-2-21)

²正会員 飛鳥建設株式会社 土木事業本部 土木技術部 (〒102-8332 東京都千代田区三番町二番地)

³正会員 博(工) 片山ストラテック株式会社 橋梁本部 技術部門 (551-0021 大阪市大正区南恩加島6-2-21)

⁴正会員 飛鳥建設株式会社 中日本土木支社 大阪土木事業部 (〒541-0045 大阪市中央区道修町3-4-10)

⁵復建調査設計株式会社 構造部門 大阪支社 (〒532-0004 大阪市淀川区西宮原1-4-13)

幹線道路の渋滞は、経済損失を招くとともに周辺環境への負荷も大きい。著者らは、立体交差化急速施工法の新工法として「すっきり工法」を開発した。「すっきり工法」は、PCウェル杭基礎と鋼製橋脚の接合部において、突起付きPCウェルによる新しい接合構造を採用しており、従来のアンカーフレームを有する接合構造のように、頂版コンクリートの打込み後、コンクリートの強度発現のための養生期間を待たずに鋼製橋脚の据付けが可能である。

本発表では、施工手順・工程・コストについて従来工法と本工法で比較検討した上で、本工法の工法概要ならびに施工要領について報告する。

キーワード: 立体交差化急速施工法, 接合構造, 突起付きPCウェル, 鋼製橋脚

1. まえがき

幹線道路の交通量の増大に伴い、立体交差化による交通渋滞の解消が各地で計画される中で、立体交差化工事の施工中における交通渋滞の緩和や周辺環境への影響を低減した立体交差化急速施工法の開発が進められている¹⁾。著者らは、立体交差化急速施工法として「すっきり工法」を開発した。

橋梁区間の基本構造は、基礎がPCウェル工法を採用した1柱1杭によるフーチングレス構造、下部工が鋼製橋脚、上部工が多径間連続鋼床版桁橋、アプローチ区間が軽量盛土工(EPS工法)を採用している。このように、各構造部材に工場製品を活用するとともに、鋼桁架設ではドーリー台車による一括架設を活用して現場工程の短縮を図っている。

また、更なる現場工程の短縮を図るために、PCウェル杭基礎と鋼製橋脚の接合部における頂版コンクリートの養生期間に着目した。

従来のアンカーフレームを有する接合構造では、鋼製橋脚を据付けるには、頂版コンクリートの打込み後、コンクリートの強度発現のための養生期間を待つ必要があった。そこで、すっきり工法では、最頂部のPCウェルに突起付きPCウェルを採用することで、PCウェル杭基礎の施工後、直ちに鋼製橋

脚の据付けが可能となり、現場工程の更なる短縮を図っている。図-1に突起付きPCウェルを有する新形式接合構造を示す。

ここでは、図-2に示す立体交差化工事を想定して、施工手順・全体工程・現場工程・コスト等に関して従来工法と比較検討する。また、現場工期の短縮を実現される施工ステップや接合部の施工方法と出来形管理方法等の施工要領について述べる。

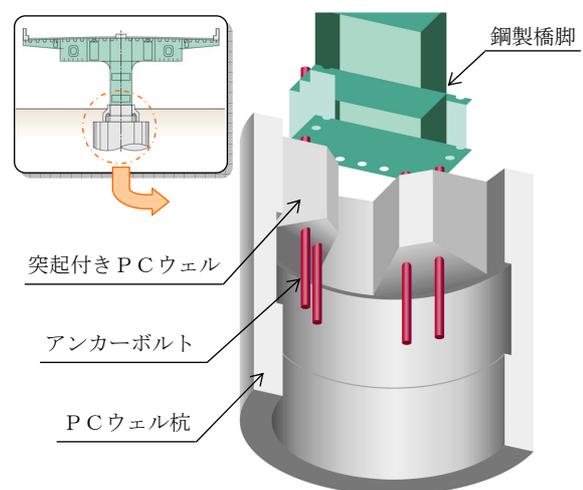


図-1 「すっきり工法」の新形式接合構造

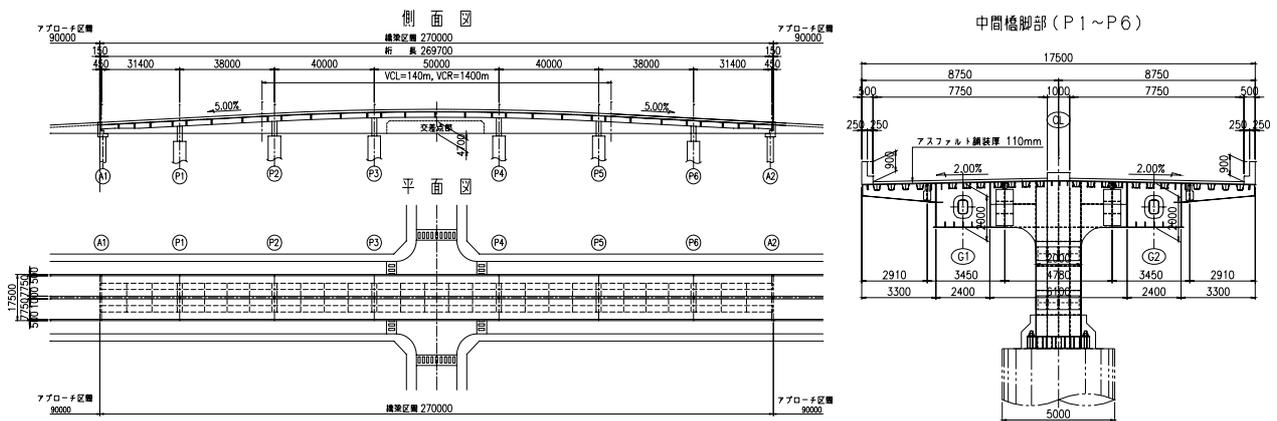


図-2 想定した立体交差化工事

2. 工法概要

(1) 接合部構造

すっきり工法では、PCウェル杭基礎の最頂部のPCウェルにコンクリート突起を設けて、PCウェル杭基礎と鋼製橋脚をアンカーボルトで接合する。写真-1に突起付きPCウェルピースの写真を示す。

図-3に突起付きPCウェルと鋼製橋脚の定着要領を示す。PCウェル杭基礎の施工後、直ちに鋼製橋脚の据付けが可能となり、頂版コンクリートの施工に左右されないため現場工程の短縮が可能である。

接合部の荷重伝達は、架設系では鋼製橋脚の基部に作用する荷重を四隅のアンカーボルトからコンクリート突起を介してPCウェル杭へ伝達している。また、完成系では鋼製橋脚の基部に作用する荷重を全てのアンカーボルトから頂版コンクリートを介してPCウェル杭へ伝達している。

コンクリート突起は、PCウェルの内側4箇所に設けられた鉄筋コンクリート製の部分突起であり、架設時には鋼製橋脚の四隅をアンカーボルトで定着している。コンクリート突起形状は、架設時に作用



写真-1 突起付きPCウェルピース

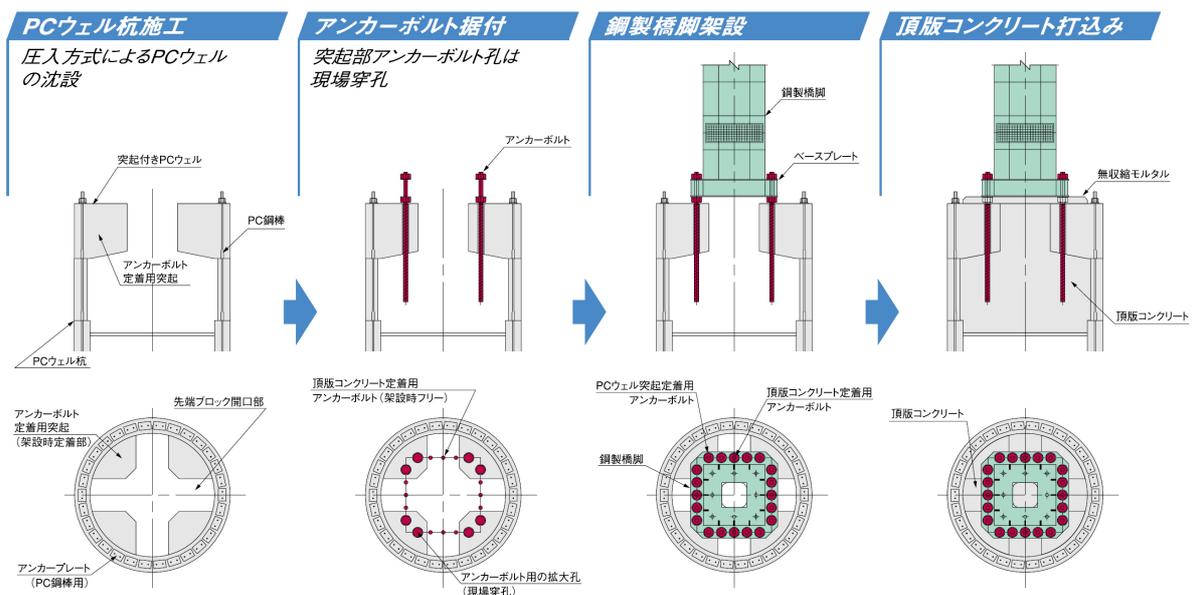


図-3 突起付きPCウェルと鋼製橋脚の定着要領

する死荷重および水平荷重に対して抵抗できるように決定している。

鋼製橋脚の据付後には、頂版コンクリートを打込み、鋼製橋脚を全てのアンカーボルトで頂版コンクリートに定着させ、完成系で作用する活荷重、温度荷重および地震力などの荷重をPCウェル杭基礎へ伝達させる。

突起付きPCウェルと鋼製橋脚の接合部に関する力学的特性や安全性については、架設系と完成系の接合部の載荷実験および実験供試体の3次元非線形FEM解析で検証している²⁾。

(2) 工法比較

まず、接合部構造に着目して工法比較を行う。

図-4に従来工法とすっきり工法のPCウェル杭基礎と鋼製橋脚の接合手順を示す。従来工法では、アンカーフレーム据付け後、頂版コンクリート打込みとコンクリート養生を行い、その後に鋼製橋脚と鋼桁架設という手順となる。

一方、すっきり工法では、PCウェル杭基礎の最上部に突起付きPCウェルを設置し、アンカーボルトを据付け後、直ちに鋼製橋脚および鋼桁架設ができるため、従来工法と比較して、PCウェル杭1基当たり約20日間の工期短縮が可能となる。

PCウェル杭基礎6基を2セットで施工する場合、突起付きPCウェルによる直接的な工期短縮効果は約60日である。また、後工程が早まることにより、その効果はより大きなものとなる。

つぎに、立体交差化工事全体に対して工法比較を行う。想定した立体交差化工事は、4車線道路で橋梁区間が270m、アプローチ区間が180m(=90+90)である(図-2参照)。橋梁形式は、7径間連続鋼床版箱桁が鋼製橋脚と剛結したラーメン構造である。橋脚基礎とアプローチ区間は、現場工程の短縮を図るために、それぞれPCウェル杭と軽量盛土工(EPS工法)を採用した。橋台基礎は、工程上クリティカルとされないため場所打ち杭を採用した。

現場工期の設定上の基本条件としては、PCウェル杭基礎は2セットでの施工とし、基礎の支持層がGL-2.5mの地盤を想定した。上部工の鋼桁架設は、ドーリー台車による一括架設を活用した。

なお、今回の工程およびコストの比較検討では、従来工法とすっきり工法の違いをPCウェル杭基礎と鋼製橋脚の接合構造のみとした。

表-1に従来工法とすっきり工法の現場工程表を示す。従来工法では、PCウェル杭基礎の施工期間に両側のアプローチ区間で交差点部のP2~P5の鋼

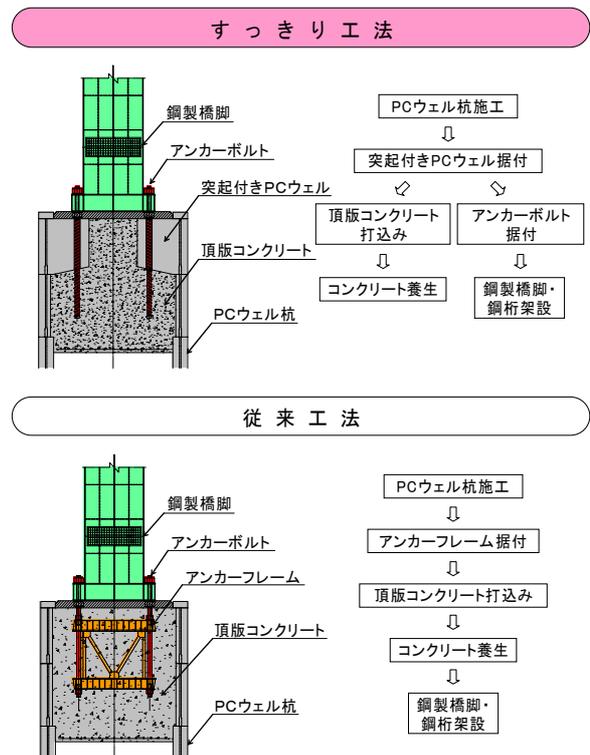


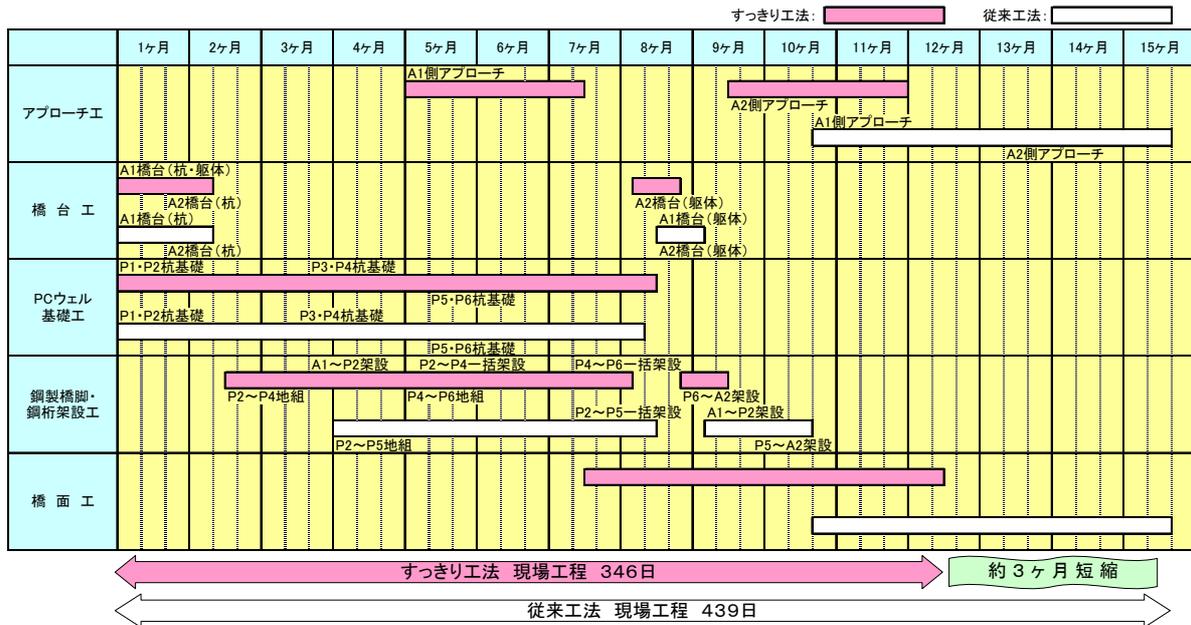
図-4 PCウェル杭基礎と鋼製橋脚の接合手順

桁を地組立てして、PCウェル杭の施工完了後にドーリー台車で夜間一括架設する手順が最適工程となった。この施工手順では、橋台側のA1~P2とP5~A2の鋼桁架設は、トラッククレーン・ベント工法を採用した。アプローチ区間は、橋梁区間の全ての鋼桁架設が完了するまで、鋼桁の架設用地として占有される。そのため、アプローチ施工は、鋼桁架設の完了後に着手することとなる。また、橋面工施工には、アプローチ区間をアクセスするため、A1とA2側の各アプローチを片側ずつ施工する。

すっきり工法では、PCウェル杭施工後直ちに鋼製橋脚および鋼桁架設が行える突起付きPCウェルの特長を生かす手順が最適工程となる。P1、P2杭基礎の施工後、直ちにトラッククレーン・ベント工法によりA1~P2の鋼桁架設、同時にA2側アプローチ区間でP2~P4の鋼桁を地組立てし、かつP3、P4のPCウェル杭基礎の施工を行う。このように、杭基礎施工と鋼桁架設工を同時並行作業とすることで、現場工期を短縮することが可能となり、すっきり工法の現場工程は、従来工法のもの比べて約3ヶ月の工期短縮が図れた。

全体工程に着目すると、設計照査6ヶ月、鋼材手配4ヶ月、鋼床版箱桁および鋼製橋脚の工場製作6ヶ月を考慮した場合、従来工法の全体工程が1,048日に対して、すっきり工法の全体工程が1,001日となり、約1.5ヶ月の工期短縮が図れた。

表-1 現場工程表



また、すっきり工法の工事費は、従来工法のものに比べて、突起付きPCウェルの製作・据付費が増額されることとなる。試算結果によると、杭基礎1基当たり約300万円の増額となり、全体工費で約1,800万円の増額となる。

(3) 工法の適用性

立体交差化工事は、慢性的に交通渋滞が発生している幹線道路で、商業店舗が多く密集して、沿線の開発も進んでいる区間で適用されることが多く、工事規制に伴う二次渋滞の発生が懸念される。

そのため、立体交差化工事に対しては、工事期間中の交通渋滞による総合的な損出を考慮して、経済性（工事費用）より、むしろ現場工期の短縮や施工ヤードの縮小を優先的に着目する場合もある。

このような条件下では、各構造部材に工場製品を多く採用して、ドーリー台車による鋼桁一括架設を活用することで、現場工程の短縮および施工ヤードの縮小を図っている「すっきり工法」のメリットが發揮できる。

3. 施工要領

(1) 制約条件

すっきり工法では、通常作業は平面街路の交通を確保して施工する。ただし、交通規制が必要となる工種としては、ドーリー台車による一括架設を行うものと、街路の俯角内での仮設、鋼桁組立、橋台およびアプローチの構築作業を行うものが該当する。

PCウェル杭の施工と鋼桁の地組立作業を一部並行して行うが、各々の施工箇所を平面的に干渉させないようにする必要がある。なお、PCウェルの施工では、1基当たりに必要な作業ヤードとして、幅15m×長さ42mを考慮した。

また、施工済みのPCウェル杭基礎は、鋼板や覆工板で養生を行い、変位や損傷を防止するとともに、施工ヤードとして使用する。ドーリー台車は、PCウェル杭が走行の支障とならないようにPCウェル杭基礎の外側を跨ぐように配置する。なお、交差道路上1箇所につき、鋼桁のドーリー台車による架設は1日（夜間の場合は1夜間）で完了させる。

(2) 施工ステップ

上述の制約条件の下で、最適工程をシミュレーションしたすっきり工法の施工ステップを図-5に示す。なお、表-1のすっきり工法の現場工程は、本施工ステップを基に算出したものである。

(3) 接合部の施工方法

a) 突起付きPCウェル据付方法

図-6に突起付きPCウェル据付フローを示す。

まず、標準部のPCウェル（突起付きPCウェルを除く）の沈設を完了した後、底版コンクリート打込みと中詰土充填を行う。PCウェルの沈設時には、施工誤差を管理目標値以内とするため、各ロット毎に高さ、平面位置、傾斜、回転の各項目を測定する。つぎに、突起付きPCウェルを設置してPCウェル沈設時に発生している施工誤差を測定にて確認する。なお、突起付きPCウェルを回転することで、

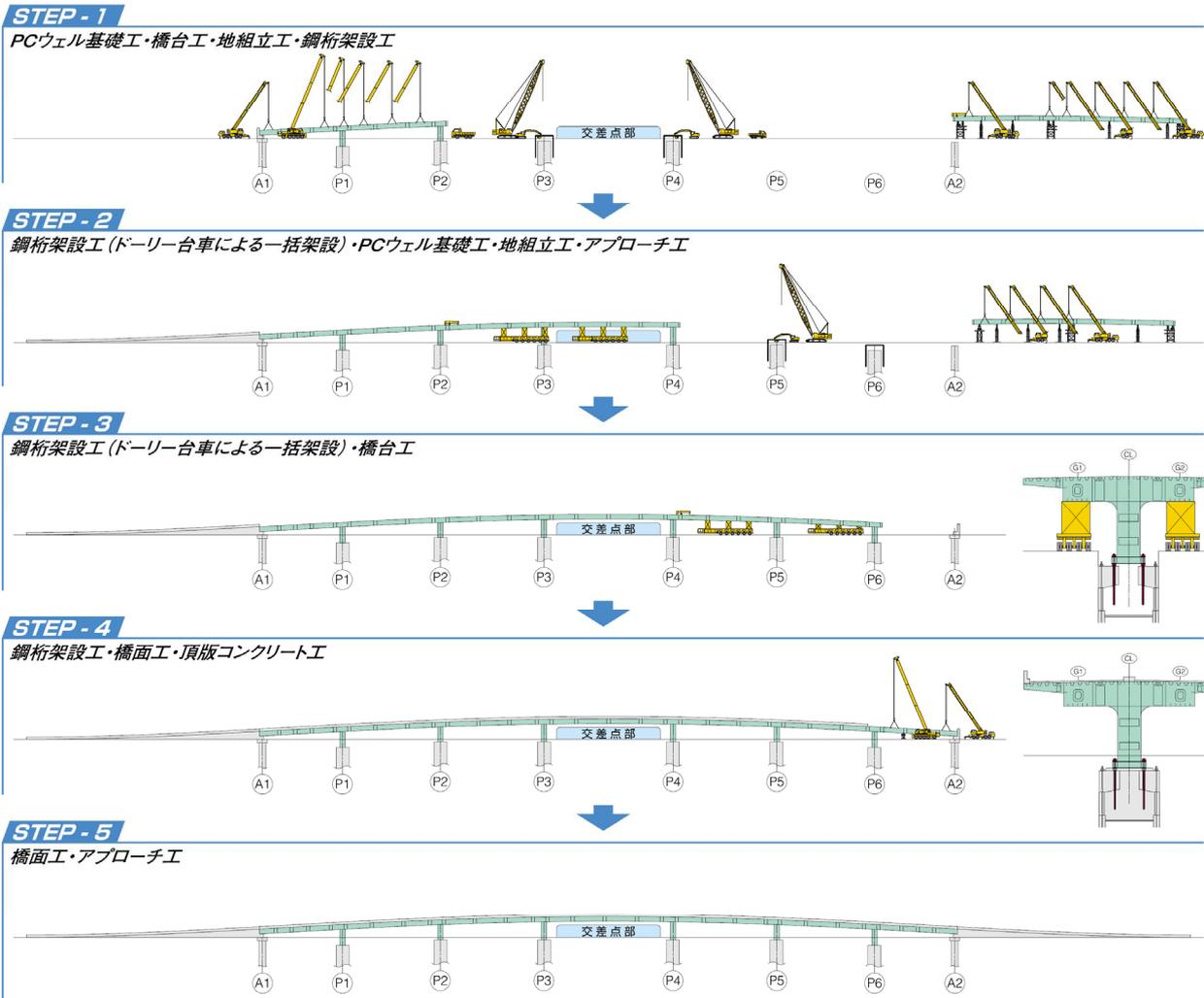


図-5 すっきり工法の施工ステップ

回転方向の施工誤差を解消する。PC鋼棒を緊張して、突起付きPCウェルを固定する。

PCウェル杭基礎の測量結果を反映して、突起付きPCウェルの突起部分にコアボーリングにてアンカーボルト孔を鉛直に穿孔する。アンカーボルトは、エポキシ樹脂系接着剤で突起付きPCウェルに固定する。

b) 鋼製橋脚および鋼桁架設方法

図-7 に鋼製橋脚および鋼桁架設フローを示す。鋼製橋脚の据付けでは、支間長や中心線の通りおよび据付高さを確認する。据付高さ調整は、図-3 に示すようにアンカーボルトのベースプレート下側ナットを回転させて行う。鋼製橋脚の据付後に、ベースプレート上側ナットを締付けて突起付きPCウェルに仮固定させる。

引き続き、鋼桁架設を行った後、突起付きPCウェルと鋼製橋脚の接合部に頂版コンクリートを打込み本固定させる。

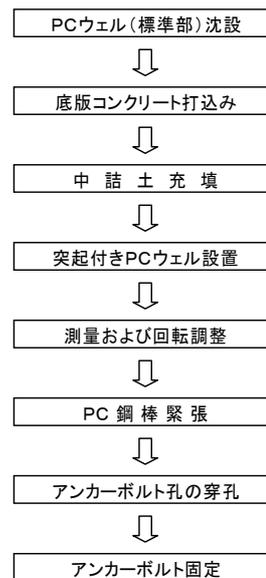


図-6 突起付きPCウェル据付フロー

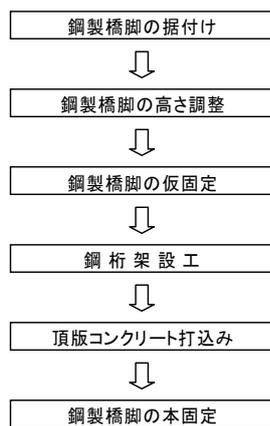


図-7 鋼製橋脚および鋼桁架設フロー

(4) 出来形管理方法

a) PCウェル杭基礎の出来形管理

PCウェル杭基礎は、プレキャスト製品を地中に沈設する工法である。そのため、施工誤差を完全に無くすことは困難であり、PCウェル工法の設計・施工マニュアル³⁾において、出来形管理基準が規定されている。突起付きPCウェルと鋼製橋脚を定着させる際には、鋼桁架設に支障をきたさないように施工誤差を管理する必要がある。

すっきり工法では、過去の施工実績を踏まえて、表-2に示すようなPCウェル杭基礎の出来形管理目標値を独自に設定した。さらに、PCウェル杭基礎と鋼製橋脚の双方において、施工誤差を接続部で吸収できる構造とする。

鋼製橋脚および鋼桁架設時において、PCウェル杭基礎で発生した施工誤差を以下の方法で解消するものとする。

平面位置ずれは、アンカーボルト孔を突起付きPCウェルの設置完了後に現場穿孔することで、誤差50mmの内30mmを解消する。傾斜は、突起付きPCウェル設置完了後に穿孔するアンカーボルト孔を鉛直に施工することで、PCウェル施工時の誤差を吸収する。回転は、突起付きPCウェルのPC鋼棒設置用ダクトの口径を拡大し、突起付きPCウェルを設置時に回転させることでPCウェル沈設時に発生した回転誤差を吸収する。なお、据付高さは、鋼製橋脚の据付け時に高さ調整を行う。

b) 鋼製橋脚および鋼桁の出来形管理

鋼製橋脚および鋼桁の出来形管理目標を表-3に示す。また、鋼製橋脚および鋼桁架設時において、PCウェル杭基礎で発生した施工誤差を以下の方法で解消するものとする。

表-2 突起付きPCウェルの出来形管理目標

管理項目	標準規格値	すっきり工法管理目標値
据付高さ	±100mm	±50mm以内
平面位置ずれ	100mm	50mm以内
傾斜	1/100以内	1/300以内
回転	3°以内	1.5°以内

表-3 鋼製橋脚および鋼桁の出来形管理目標

管理項目	標準規格値	すっきり工法管理目標値
支間長および中心線の変位	±50mm以内	±(20+L/5)mm以内 L:支間長(m)
基準高	±20mm以内	±5mm以内
基部無収縮モルタル厚	—	30mm ≤ t < 100 mm

まず、鋼製橋脚の据付け時の誤差吸収として、鋼製橋脚ベースプレートのアンカーボルト孔径を拡大孔にすることで誤差15mmを解消する。

つぎに、鋼桁架設時の誤差吸収として、鋼桁に調整ブロック（橋軸方向長さ調整区間）を設置して、誤差55mmを解消する。

4. あとがき

本開発では、PCウェル杭基礎と鋼製橋脚の接合構造に着目し、突起付きPCウェルによる新しい接合構造を採用することで、現場工程を大幅に短縮することが可能となった。

今後、慢性的に交通渋滞が発生している幹線道路において、立体交差化急速施工法を活用した立体交差化事業が増加するものと考えられることから、すっきり工法がさまざまな現場条件に適用できる工法となるよう継続的な改善に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 竹内直文 他：特集「進む立体交差化」，土木施工，第48巻 第8号，pp.1-83，2007.
- 2) 奥村学，寺澤正人，大久保宣人，津川優司，豊田幸司，山根章：突起付きPCウェルと鋼製橋脚の接合部の耐荷性状に関する実験的研究，第8回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演集，pp.16-1~6，2009.
- 3) PCウェル工法研究会：PCウェル工法設計・施工マニュアルー施工編一，2006.