

# PCウエル (PPRC構造) の施工

## くりはら — 来原橋 —

広島支店	土木工事部	崎山義之
広島支店	土木工事部	比山公德
広島支店	土木工事部	田中寛規

**概要**：島根県出雲市大津町地内に架設される来原橋（鋼3径間連続銘桁橋）の橋脚基礎として、PCウエル（PPRC構造）[以降、PPRCウエル]が採用された。当初計画では、場所打ち杭基礎であったが、地下水対策等の比較検討の結果、経済性が同等で、工期短縮が図れ、かつ高品質な基礎構造物を構築できる本工法が採用された。今回採用されたPPRCウエルは2基で、形状は河川阻害率及び運搬上の制約からφ3500×4500の小判型である。PPRCウエルの施工は、施工地盤内には岩盤層（軟岩）が含まれていたため、先行掘削（砂置換）を補助工法として採用し、圧入工法で行った。

**Key Words**：PPRCウエル，先行掘削，圧入工法

## 1. はじめに

本工事は、斐伊川放水路事業に伴い、島根県出雲市大津町地内に架設される来原橋の橋脚基礎として、PPRCウエルを施工したものである。当初、橋脚基礎としては場所打ち杭基礎で計画されていたが、現場調査の結果、①地盤内に被圧地下水があること、②地下水位が高く、地表面から10cm程度の位置に存在すること、③施工基盤面付近の土質条件が軟弱であること等が確認されたため、基礎工の比較検討が実施された。検討の結果、場所打ち杭工法では、仮設工（締切工）が大規模になることから、経済性が同等で、工期短縮が図れ、かつ高品質な基礎構造が構築できるPPRCウエル工法が採用された。

また、本橋の地盤条件は施工基盤から数mは軟弱層であるが、それ以下は岩盤層（軟岩）であったため、従来の圧入工法では、施工が困難な状況であった。そこで、PPRCウエルの施工に先立ち、先行掘削（砂置換）を実施し、その後、圧入工法でPPRCウエルを構築した。

本稿は、それらの工事内容について、報告するものである。

## 2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

工事名：斐伊川放水路来原橋下部工事（当社施工：P1及びP2橋脚基礎）

工事場所：島根県出雲市大津町地内

発注者：国土交通省 中国地方整備局 出雲河川事務所

施工期間：平成17年11月～平成18年2月（当社施工分）



崎山義之



比山公德



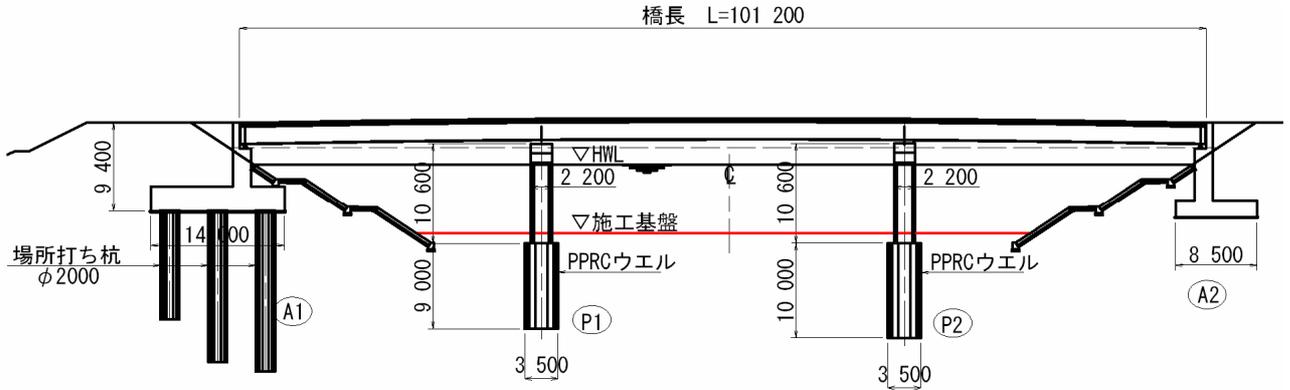
田中寛規

上部構造：鋼3径間連続非合成鈹桁橋（橋長 101.2m，有効幅員 7.5m）

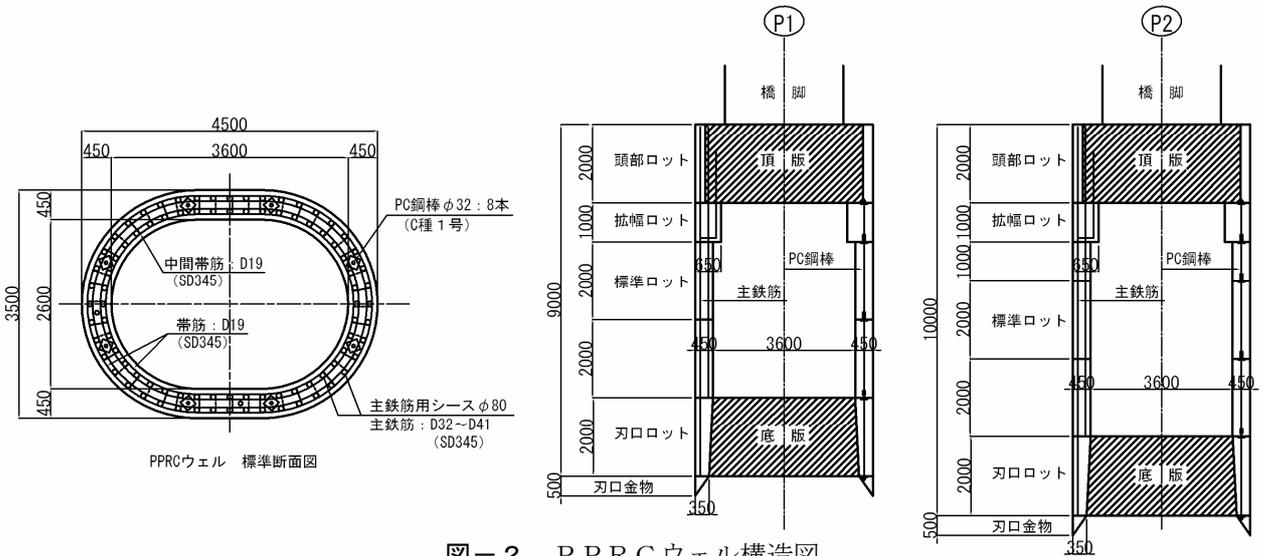
下部構造：橋台－逆T式橋台，橋脚－小判型張出式橋脚

基礎構造：A1 橋台－場所打ち杭基礎，P1・P2 橋脚－PPRCウエル，A2 橋台－直接基礎

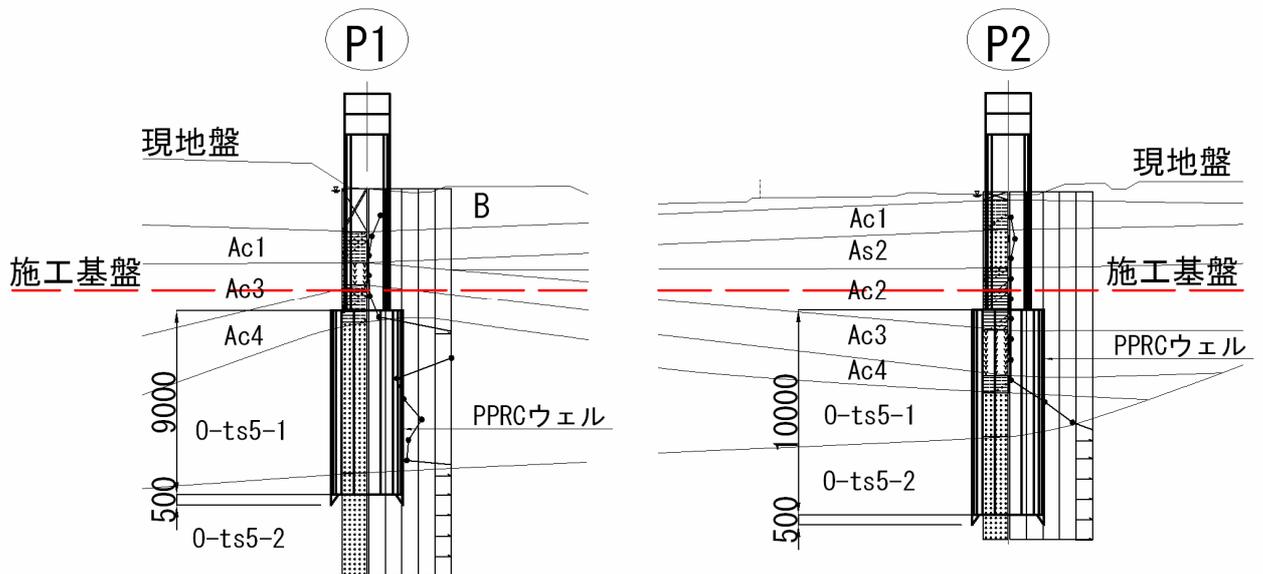
今回採用されたPPRCウエルは2基で，形状は河川阻害率及び運搬上の制約から，φ3500×4500の小判型である．図－1～図－3に橋梁概要図，PPRCウエル構造図，地層図を，表－1に土質条件を示す．



図－1 橋梁概要図



図－2 PPRCウエル構造図



図－3 地層図

表-1 土質条件

地層名			P1橋脚設計用土質定数								
			層厚 m	N値 回	$\gamma_t$ kN/m <sup>3</sup>	C kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ °	変形係数			動的変形係数 ED kN/m <sup>2</sup>
								E kN/m <sup>2</sup>	常時	地震時	
※1	Ac4	シルト質粘土	0.50	1	19.0	14.1	—	939	3756	7512	37224
大森層	0-ts5-1	凝灰質砂岩	7.35	23	17.0	40	36	9048	36192	72384	172393
	0-ts5-2	凝灰質砂岩	1.65	125	20.0	70	40	74300	297200	594400	6914286
合計			9.50								

※1沖積層

地層名			P2橋脚設計用土質定数								
			層厚 m	N値 回	$\gamma_t$ kN/m <sup>3</sup>	C kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ °	変形係数			動的変形係数 ED kN/m <sup>2</sup>
								E kN/m <sup>2</sup>	常時	地震時	
沖積層	Ac2※1	シルト質粘土	0.90	1	19.0	18.8	—	700	2800	5600	37224
	Ac3	腐植土	2.20	1	13.0	31.7	—	775	3100	6200	25469
	Ac4	シルト質粘土	0.85	1	16.0	24.6	—	939	3756	7512	31347
大森層	0-ts5-1	凝灰質砂岩	2.15	30	17.0	40	36	9048	36192	72384	205803
	0-ts5-2	凝灰質砂岩	6.90	133	20.0	70	40	77500	310000	620000	9657143
合計			13.00								

※1は地震時の液化化による低減係数DEは、レベル2で「0」、レベル1で「1/6」となる。

### 3. 施工概要

#### 3.1 施工手順

本工事における施工上の特徴は、軟岩地盤内へPPRCウェルを構築するために、先行掘削（砂置換）を補助工法として採用したことである。図-4に施工手順を示す。

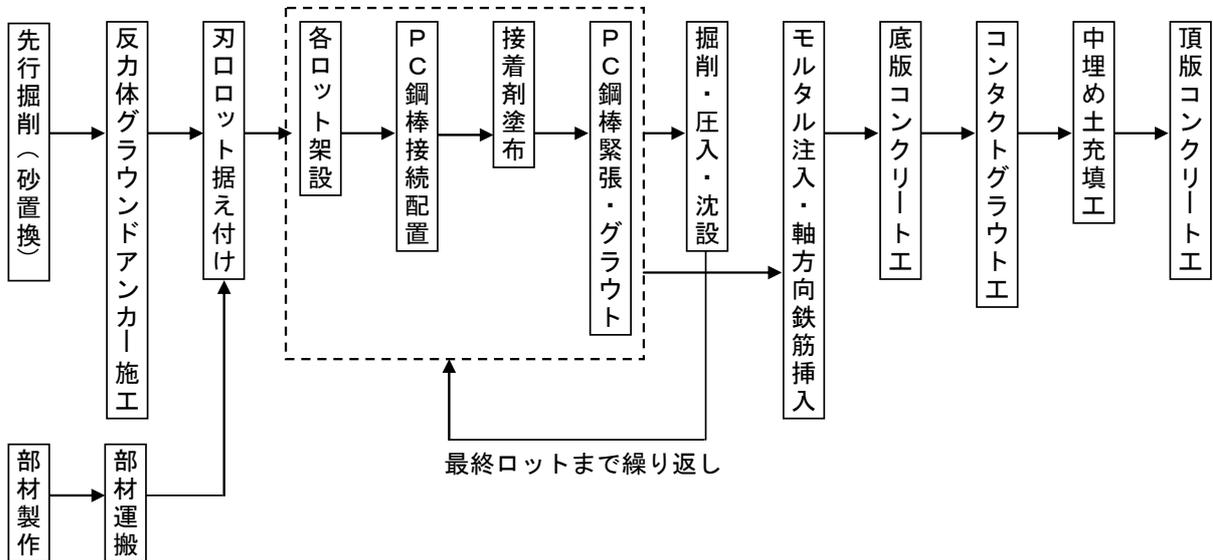
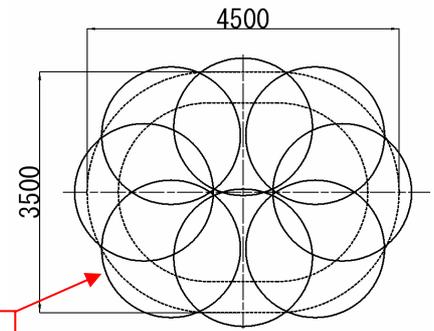


図-4 施工手順

### 3.2 先行掘削（砂置換）

先行掘削は、オーガ掘削工法、ロータリー掘削工法、パーカッション掘削工法、ケーシング回転掘削工法の4工法を比較した結果、最も実績が多いケーシング回転掘削工法が採用された。

掘削径はφ2000で、小判形状の全体を網羅するように計8本実施し、中掘りにはハンマグラブバケットを使用した。掘削が完了した後、ケーシング内に良質な砂を投入し、ケーシングを引き抜いた。先行掘削要領を図-5に、先行掘削状況を写真-1に、掘削土状況を写真-2に示す。



φ2000 : 8本

図-5 先行掘削要領



写真-1 先行掘削状況



掘削土

写真-2 掘削土状況（軟岩）

### 3.3 部材製作工

PPRCウェルの製作は、当社水島工場で行った。製作方法は、接合面の水密性と軸方向鉄筋用シースの鉛直性及び連続性を確保するために、マッチキャスト方式を採用した。標準ロットの1ロット当たりの製作日数は、約3日間である。

#### 3.3.1 鉄筋・シース・型枠組立

PPRCウェル工法は、ウェル構築後、軸方向鉄筋を一括挿入することが特徴であるため、軸方向鉄筋用シースの配置及び鉛直精度を確保することが重要である。従って、既設ロットをガイドとする代用パイプを使用し、軸方向鉄筋シースの配置精度の向上を図った。

鉄筋の組立は、別ヤードで仮組し、一括して所定の位置に吊り込んだ。

型枠には、施工性と代用パイプの固定等を踏まえ、内・外枠ともに鋼製型枠を使用した。また、型枠の組数は1組とし、既設ブロック上部のガイドとなる部分だけを残し、他の型枠は転用した。鉄筋・シース組立状況を写真-3に、型枠組立状況を写真-4に示す。



写真-3 鉄筋・シース組立状況



写真-4 型枠組立状況

### 3.3.2 コンクリート打設・養生

PPRCウエルの配筋状態は、**図-2**、**写真-3**に示すように高密度であることから、コンクリートの充填性向上を図るため、スランブ21cmのコンクリートを使用した（配合40-21-20H）。

コンクリートの打設は、コンクリートホッパー及びシュートを用いて行い、棒バイブレーター及び型枠バイブレーターで締め固めを行った。

養生方法は蒸気養生とし、脱型時強度 $25\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を確認した後、新設ロットを既設ロットから切り離れた。コンクリート打設状況及び養生状況を**写真-5**、**写真-6**に示す。



写真-5 コンクリート打設状況



写真-6 養生状況

### 3.3.3 PPRCウエルの運搬

PPRCウエルの形状は $\phi 3500 \times 4500$ の小判型であるため、**写真-7**、**8**に示すように平積みで、低床トレーラーを用いて運搬した。運搬時には、トレーラー前後に誘導車を配備し、交通安全に配慮した。



写真-7 PPRCウェル積み込み状況



写真-8 積み込み完了

## 3.4 PPRCウエルの構築

PPRCウエルの構築は、先行掘削（砂置換）完了後、圧入工法で行った。圧入時の反力体には、グラウンドアンカー（沈設アンカー）を使用した。

### 3.4.1 グラウンドアンカーの施工

PPRCウェル圧入時の反力体として、グラウンドアンカー（4箇所）を使用した。使用したグラウンドアンカーは、PC鋼より線「SWPR19N S21.8×4本」/箇所、残置式とした。グラウンドアンカーの施工完了後、多サイクル試験及び1サイクル試験を実施し、アンカー耐力を確認した。**写真-9**にグラウンドアンカー施工状況、**写真-10**に品質試験状況（多サイクル）を示す。



写真-9 グラウンドアンカー施工状況



写真-10 品質試験状況 (多サイクル)

### 3.4.2 PPRCウェルの架設・緊張・グラウト

搬入されたPPRCウェルは、100tクローラクレーンを用いて架設した。最初に据え付ける刃口ロットは、PPRCウェルの構築精度に大きな影響を及ぼすため、特に慎重に架設した。刃口ロットは不陸調整を行った施工地盤上に皿板材（敷板）を敷き、水平に設置した。

刃口ロット据え付け後、各ロットを架設、緊張、グラウトを施して一体化を図る。各ロット間の接合面には、各ロット間のなじみ及び水密性向上を図るため、エポキシ樹脂系接着剤を塗布した。本工事で使用した接着剤は、標準的に使用される1液性のプレキャストブロック接合用接着剤である。また、接着剤が軸方向鉄筋用シース内に混入しないよう、シース周りにはシースシールを設置した。刃口ロット皿板材設置状況を写真-11に、架設状況を写真-12に、接着剤塗布状況を写真-13に示す。



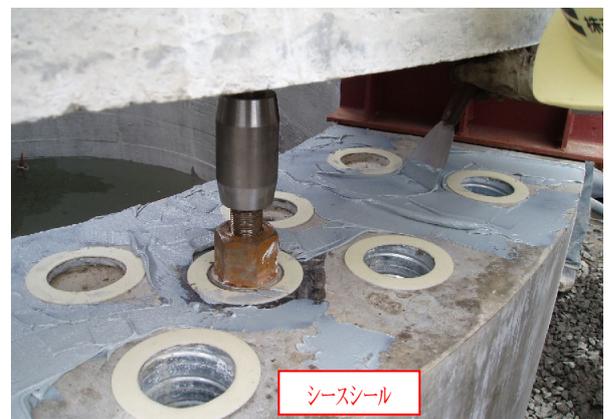
写真-11 刃口ロット皿板材設置状況



写真-12 PPRCウェル架設状況



写真-13 接着剤塗布状況



PPRCウェルにおけるPC鋼棒は、従来のPCウェルと異なり、各ロット間を接合する目的で配置される。従って、PC鋼棒の緊張力は、接着剤のなじみ及び水密性等を考慮し、各ロット接合面に約 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 程度の圧縮応力度が導入できるように決定した。ただし、軸方向鉄筋が降伏する前にPC鋼棒が降伏・破断するのを避けるため、PC鋼棒の有効緊張力には、軸方向鉄筋の降伏強度以上の余裕を持たせた。PC鋼棒の緊張は、各ロット接合面に均等に圧縮応力度を導入するため、4本/組として4台のジャッキで行った。

緊張完了後、グラウトを実施した。なお、グラウト完了後は直ちに圧入作業を開始するため、グラウトホースを使用せずに、注入孔に逆止弁を取り付けて注入作業を行った。

PC鋼棒緊張状況を写真-14に、グラウト注入状況を写真-15に示す。



写真-14 PC鋼棒緊張状況



写真-15 グラウト注入状況

### 3.4.3 PPRCウェルの掘削・圧入

PPRCウェル内部の掘削には、ハンマグラブバケット $\phi 2000$ を使用した。掘削した土は、場内に仮置きし、ウェル構築完了後、ウェル内部に埋め戻した。

圧入沈下装置には、圧入桁、加圧リング、圧入ジャッキ（4台）、グリッパーロッドを使用した。

PPRCウェル上面に加圧リング、圧入桁を載せ、反力体アンカーと接続したテンションロッド（グリッパーロッド）を介して圧入ジャッキをセットした。圧入作業は掘削している間、連続的に加圧するものとし、PPRCウェルが正常に沈下している時は、4台のジャッキに平均的に圧力を加えた。また、何らかの原因で、PPRCウェルに傾斜の徴候が確認された場合は、各ジャッキの圧力を調整し、傾斜の修正を図った。傾斜の確認には、傾斜計を使用し、加圧リングの上に設置した。また、各ロット圧入完了後、下げ振りで鉛直度の確認を行った。PPRCウェル圧入状況を写真-16に、傾斜計設置状況を写真-17に示す。

また、圧入作業中は、PPRCウェル内の水位を観察し、水位の低下が確認された場合は、ボーリング及び掘削壁崩壊を防止するために、地下水位まで注水した。

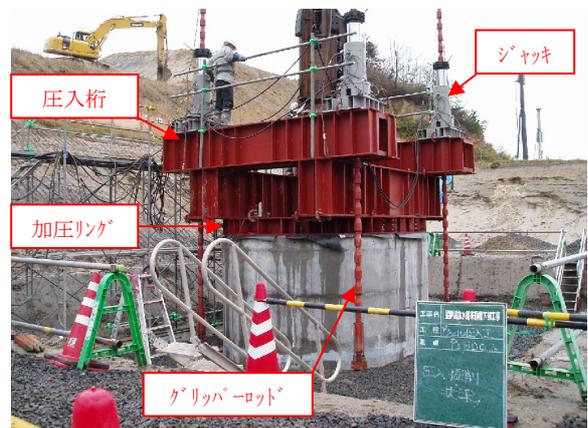


写真-16 PPRCウェル圧入状況



写真-17 傾斜計設置状況

### 3.4.4 軸方向鉄筋挿入

P P R C ウェルを所定の位置まで沈設した後、軸方向鉄筋の挿入を行った。軸方向鉄筋の挿入は、5本程度を同時に吊り込むことで時間短縮を図った。また、スムーズな軸方向鉄筋挿入を行うために、軸方向鉄筋先端には先端キャップを設置した。なお、軸方向鉄筋挿入に先立ち、軸方向鉄筋用シース長の検測を行い、シース内の異物の有無、挿入鉄筋長を確認した。

軸方向鉄筋とP P R C ウェル本体の付着を確保するために、軸方向鉄筋用シース内にはマルチモルタルを注入した。マルチモルタルの注入は、注入ホースをシース下端まで挿入し、最下部から行うこととし、更に、軸方向鉄筋挿入前に実施することで、確実な充填性を確保した。マルチモルタル注入時は、流量計で注入量を管理し、軸方向鉄筋挿入時のオーバーフローが少なくなるように配慮した。使用したマルチモルタルは、プレミックスタイプ（秦野製作所）である。軸方向鉄筋挿入状況を写真-18に、マルチモルタル注入状況を写真-19に示す。



写真-18 軸方向鉄筋挿入状況

写真-19 マルチモルタル注入状況

### 3.4.5 コンタクトグラウトの注入

本工事では、先行掘削（砂置換）を行っているため、P P R C ウェル側壁と地山との間に空隙が生じる恐れがある。従って、P P R C ウェルと地山との一体化を図る目的で、コンタクトグラウトを実施した。コンタクトグラウトは、P P R C ウェル内部から、潜水土により、直接注入する方法を採用した。

注入管理は、グラウトポンプの圧力管理とし、注入不能に達した時点で完了とした。

#### 4. まとめ

PPRCウェル工法は、工場で製作したプレキャスト部材を現場で接合し、橋脚や基礎構造物を構築する工法であり、高品質（高耐久性）、工期短縮（現場作業の削減）が図れることが特徴である。今後、到来する高齢化社会、それに伴う建設熟練技能者の減少等を考慮した上で社会資本整備を行うためには、現場での省力化・省人化等が求められ、PPRCウェル工法は、社会のニーズに応える工法の一つと考えられる。しかし、現状では、高コストが課題となっており、本工事のような「締切工等の仮設備費が増大する河川内や地下水位の高い場所」、又は「既設構造物に近接している場所」での適用がほとんどである。

今後、PPRCウェルの市場拡大のためには、今日までの施工実績を集約し、それぞれの工事で生じた問題点・課題を解明することで、更なるコスト削減、施工技術の確立及び効率化を図る必要があると考えられる。本工事の完成写真を写真-20、21に示す。



写真-20 PPRCウェル圧入完了（頂版施工前）



写真-21 PPRCウェル施工完了

#### 参考文献

- 1) PCウェル工法研究会：PCウェル工法 設計・施工マニュアル ー設計編ー，2002.3
- 2) PCウェル工法研究会：PCウェル工法 設計・施工マニュアル ー施工編ー，2006.3
- 3) 日本建設機械化協会：大口径岩盤削孔工法の積算，平成18年度版