

# PC ウェル工法

## 1. 概要

PC ウェル工法とは、常設の工場で遠心力締固め製法、または振動締固め製法により造られた円筒形のコンクリート製の単体ブロックを施工地点で中掘り工法によって沈設させながら積み重ね、その都度PC鋼棒で接続し、ポストテンション方式により鉛直方向にプレストレスを導入して組成したプレキャストコンクリートブロックによる大口径の基礎工法である。

近時、土木建築構造物のプレキャスト化には目覚ましい発展がみられ、RC 杭、PC 杭、高強度コンクリート杭が出現しているが、これらのコンクリート杭では外径 1 200 mm 程度が限界であった。一方では、構造物の大型化に伴って、超大口径の基礎工法の出現が要望され、さらに建設工事と社会環境の調和をはかるため、無公害工法(低騒音、低振動工法)、省力化工法、急速施工法が要望されていた。

その状況下、PC ウェル工法は、昭和 44 年に北海道開発局磯谷橋架換工事で本格的に実用化され、以来 2 000 基近い実績があり、用途も道路、鉄道、上下水道などの橋梁下部工、建築などの基礎工、さらに PC ウェル内空間を有効利用した立杭、人孔、ポンプ井、超深層曝気槽などの構造物に、また橋梁上部工の架設材にも用いられている。

施工実績では、橋梁構造物で沈設深度 60 m、産業排水処理設備の超深層曝気槽で 75 m があり、また首都高速湾岸線辰巳橋梁や北浦大橋(茨城県)(写真-1)での超軟弱地盤における施工、沖縄県池間大橋での琉球石灰岩と泥岩や凝灰岩といった軟岩層

における施工も行っている。

PC ウェルの外径は、プレキャストコンクリート杭とケーソンとの中間領域である  $\phi 1\,600 \sim \phi 4\,000$  mm のサイズを規定し、適宜選択できるように表-1 に基礎構造用を、表-2 に人孔用をそれぞれ規格標準化している。

単体ブロックの長さについては、揚重上と運搬上の条件を考慮して  $\phi 3\,500$  mm までは 2.5 m/個、 $\phi 3\,800$  と  $\phi 4\,000$  mm は 2.0 m/個に設定している。

## 2. 構造

PC ウェル基礎に使用する単体ブロックの構造は、図-1、2 に示すように、円環断面で壁厚中心

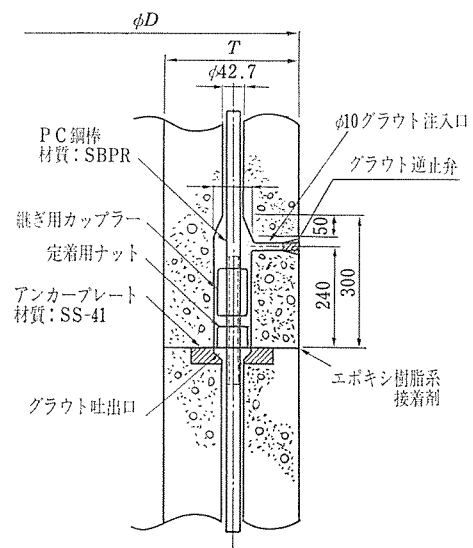


図-2 PC ウェル接続部詳細図

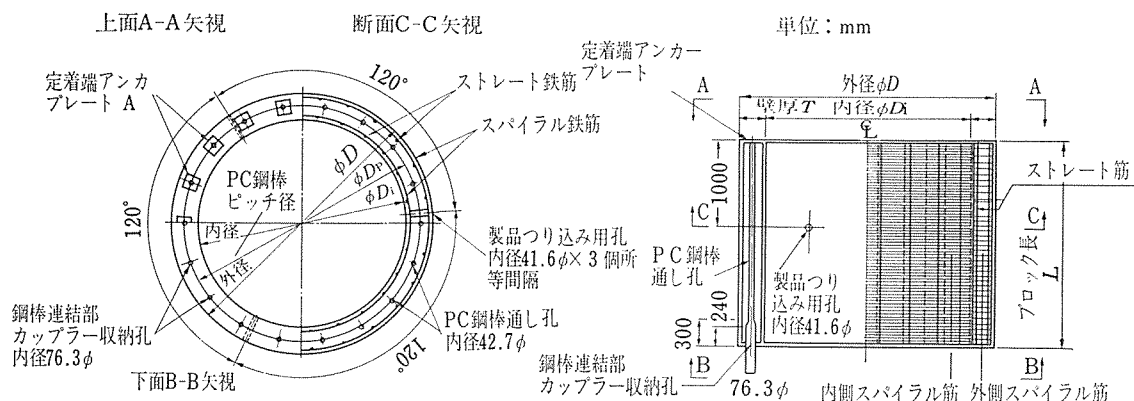


図-1 PC ウェル標準ブロック一般図

表-1 基礎構造用PCウェル単体ブロック形状寸法表

単体ブロック仕様				PC鋼棒仕様			有効プレストレス(kgf/cm <sup>2</sup> )		ブロック単体の長さ L (m)	参考重量				
外径 D (mm)	壁厚 t (mm)	断面積 A <sub>c</sub> (cm <sup>2</sup> )	断面二次 モーメント I (cm <sup>4</sup> )	系 列	径×本数 mm×本	断面積 A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	PC鋼棒 C種 1号 SBPR 110/125	PC鋼棒 B種 2号 SBPR 95/120		躯体 アンカー プレート を含む (tf)	ブロック 1個当たり			1.0m 当たり (tf)
							σ <sub>ce</sub>	σ <sub>ce</sub>			PC 鋼材 (tf)	グラウト (tf)	計 (tf)	
1 600	170	7 637	19 797 600	I	23φ×9	37.395	36.3	34.2	2.5	4.68	0.08	0.03	4.79	1.92
					23φ×18	74.790	68.6	64.6			0.17	0.06	4.91	1.96
				II	26φ×9	47.781	44.9	42.2			0.11	0.05	4.84	1.94
					26φ×18	95.562	83.7	78.7			0.21	0.10	4.99	2.00
2 000	210	11 809	47 948 000	I	26φ×9	47.781	29.8	28.0	2.5	7.23	0.11	0.05	7.39	2.96
					26φ×18	95.562	56.8	53.5			0.22	0.10	7.54	3.02
				II	32φ×6	48.252	30.2	28.8			0.11	0.04	7.37	2.97
					32φ×18	144.756	82.6	78.8			0.33	0.08	7.64	3.06
				III	32φ×9	72.756	44.3	42.2			0.16	0.04	7.43	2.97
					32φ×18	144.756	82.6	78.8			0.33	0.08	7.64	3.06
2 500	250	17 672	113 208 000	II	32φ×9	72.378	30.3	28.9	2.5	10.82	0.16	0.04	11.02	4.41
					32φ×18	144.756	57.8	55.1			0.33	0.08	11.23	4.49
				III	32φ×6	48.252	20.2	19.3			0.11	0.03	10.95	4.38
					32φ×12	96.504	39.2	37.3			0.22	0.05	11.09	4.44
				III	32φ×24	193.008	73.6	70.1			0.44	0.10	11.36	4.54
					32φ×24	193.008	53.9	51.0			0.44	0.10	16.13	6.45
3 000	300	25 447	234 748 000	II	32φ×12	96.504	28.2	26.6	2.5	15.59	0.22	0.05	15.86	6.34
					32φ×24	193.008	53.9	51.0			0.44	0.10	16.13	6.45
				III	32φ×9	72.378	21.0	20.0			0.16	0.04	15.79	6.32
					32φ×18	144.756	40.7	38.8			0.33	0.08	16.00	6.40
				III	32φ×36	289.512	76.3	72.7			0.66	0.15	16.40	6.56
					32φ×36	289.512	15.6	14.9			0.66	0.15	22.02	8.81
3 500	350	34 636	434 900 000	II	32φ×18	144.756	30.4	29.0	2.5	21.21	0.33	0.08	21.62	8.65
					32φ×36	289.512	58.0	55.2			0.66	0.15	22.02	8.81
				III	32φ×12	96.504	20.6	19.7			0.22	0.05	21.48	8.59
					32φ×24	193.008	39.9	38.0			0.44	0.10	21.75	8.70
				III	32φ×48	386.016	74.9	71.3			0.87	0.20	22.28	8.91
					32φ×48	386.016	15.6	14.9			0.87	0.20	22.28	8.91
3 800	380	40 828	604 297 000	I	32φ×15	120.630	21.8	20.8	2.0	20.01	0.23	0.05	20.29	10.15
					32φ×30	241.260	42.1	40.2			0.45	0.10	20.56	10.28
					32φ×60	482.520	78.8	75.1			0.90	0.20	21.11	10.56
					32φ×60	482.520	22.6	21.5			0.27	0.06	26.34	11.74
4 000	420	47 237	767 176 000	I	32φ×18	144.756	22.6	21.5	2.0	23.15	0.54	0.12	26.67	11.91
					32φ×36	289.512	43.6	41.5			0.81	0.18	27.00	12.07
					32φ×54	434.268	63.1	60.2			1.08	0.24	27.33	12.24
					32φ×72	579.024	81.4	77.5			1.08	0.24	27.33	12.24

注：1. PC鋼棒は、JIS G 3109-1974の規定による。

2. 参考重量は標準品を基に下記要領で計算した。

(1) 躯体重量は、単位容積重量を2.45tf/cm<sup>2</sup>・πを3.1416、Lを2.5または2.0とし、つぎの式によって算出した。

$$W = 2.45\pi \left( \frac{D^2 - D_i^2}{4} \right) L \quad W: \text{重量 (tf)}, D: \text{外径 (m)}, D_i: \text{内径 (m)}, L: \text{長さ (m)}$$

(2) PC鋼材重量は、PC鋼棒長さ2.49mまたは1.99mで計算し、定着ナット、継ぎ用カップラー各1個を合算したもの。

(3) グラウト重量は、単位容積を1.9tf/m<sup>3</sup>で算出した。

(4) 1.0m当たりの重量は、2.5mまたは2.0m当たりの重量を基に算出した。

3. φ3 800、φ4 000PCウェルは、運搬上制限があるため、採用にあたっては注意を要する。

部の軸方向にPC鋼棒を通す貫通孔が設けられている。また、貫通孔の上端には、PC鋼棒定着用のアンカープレートが設置されており、このアンカープレートにはPCグラウトの吐出孔がある。

この単体ブロック1個ごとにPC鋼棒を挿入してプレストレスを導入し、ナットで定着するものであ

るから、設計の所要のモーメントに応じてPC鋼棒の本数を増減させることができる。T形橋脚の一例を図-3に示す。

PCウェル底部には底版コンクリートが打設されるが、この打設高さはおよそPCウェルの外径の1~1.5倍であり、中空部には良質な土砂を充填する

表-2 人孔用PCウェル単体ブロック形状寸法表

単体ブロック仕様					PC鋼棒仕様			有効プレストレス(kgf/cm <sup>2</sup> )		ブロック単体の長さ L (m)	躯体アンカープレートを含む (tf)	参考重量			1.0m 当たり (tf)
外径 D (mm)	内径 D <sub>i</sub> (mm)	壁厚 t (mm)	断面積 A <sub>c</sub> (cm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント I (cm <sup>4</sup> )	系列	径×本数 mm×本	断面積 A <sub>p</sub> (cm <sup>2</sup> )	PC鋼棒 C種1号 SBPR 110/125	PC鋼棒 B種2号 SBPR 95/120			ブロック1個当たり			
								σ <sub>ce</sub>	σ <sub>ce</sub>			PC鋼材 (tf)	グラウト (tf)	計 (tf)	
2500	2000	250	17672	113208000	イ	32φ×6	48.252	20.2	19.3	2.5	10.82	0.11	0.03	10.95	4.38
						32φ×12	96.504	39.2	37.3			0.22	0.05	11.09	4.44
3000	2500	250	21598	205861000	イ	32φ×9	72.378	24.8	23.7	2.5	13.23	0.16	0.04	13.43	5.37
						32φ×18	144.756	47.7	45.5			0.33	0.08	13.64	5.46
3500	3000	250	25525	339010000	イ	32φ×6	48.252	14.0	13.4	2.5	15.63	0.11	0.03	15.77	6.31
						32φ×12	96.504	27.4	26.1			0.22	0.05	15.90	6.36
						32φ×24	193.008	52.5	50.0			0.44	0.10	16.17	6.47
						ロ	32φ×9	72.378	21.0			20.0	0.16	0.04	15.83
						32φ×18	144.756	40.6	38.6			0.33	0.08	16.04	6.42

注：1. PC鋼棒は、JIS G 3109-1974の規定による。

2. 参考重量は標準品を基に下記要領で計算した。

(1) 躯体重量は、単位容積重量を2.45tf/cm<sup>2</sup>・πを3.1416、Lを2.5または2.0とし、つぎの式によって算出した。

$$W = 2.45\pi \left( \frac{D^2 - D_i^2}{4} \right) L \quad W: \text{重量 (tf)}, D: \text{外径 (m)}, D_i: \text{内径 (m)}, L: \text{長さ (m)}$$

(2) PC鋼材重量は、PC鋼棒長さ2.49mまたは1.99mで計算し、定着ナット、継ぎ用カップラー各1、を合算したものの。

(3) グラウト重量は、単位容積を1.9tf/m<sup>3</sup>で算出した。

(4) 1.0m当たりの重量は、2.5mまたは2.0m当たりの重量を基に算出した。

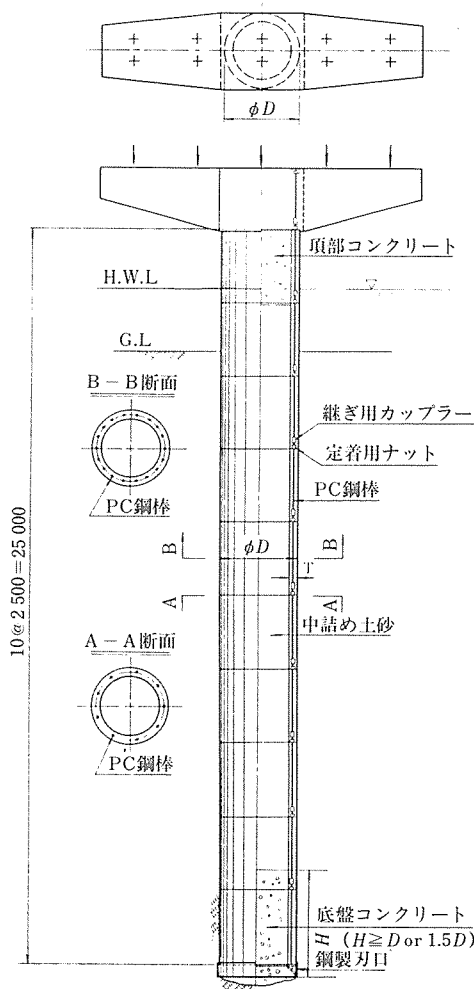


図-3 T形橋脚の例

のが一般的である。先端部刃口は鋼製とコンクリート製があり土質条件によって使い分ける。

### 3. 設 計

PCウェル基礎の設計は、「道路橋示方書IV下部構造編」等関連規準に従って行う。道路橋示方書によれば、「設計法の区分は主に施工方法による基礎形式の区分によるものとし、基礎と地盤との相対的な剛性を評価するβlについては、設計法の実用的な適用範囲を示す目安値として示している」。PCウェル基礎においては、βlの適用範囲がケーソン基礎および杭基礎の範囲に及んでいるので、表-3に示す該当基礎の安定照査項目に対して検討し、安全であることを確認する必要がある。なお、βlの目安値については、表-4に示す。

PCウェル本体の設計は、軸力、曲げモーメント、せん断力を受ける短柱として設計し、プレストレス

表-3 各基礎の安定照査項目

照査項目	支持力		転倒	滑動	水平変位量
	鉛直	水平			
基礎形式					
直接基礎	○	(○)	○	○	-
ケーソン基礎	βl ≤ 1	○	○	-	○
	1 < βl < 2	○	○	-	○
鋼管矢板基礎	○	-	-	-	○
杭基礎	有限長杭	○	-	-	○
	半無限長杭	○	-	-	○

( ) は根入れ部分で荷重を分担する場合

表-4 各基礎の安定照査の基本と設計法の適用範囲

基礎形式	照 査 内 容					基礎の剛性評価	設計法の適用範囲を示すβlの目安			
	転 倒	鉛直支持		水平支持・滑動・水平変位量			1	2	3	4
	照査項目	照査面	照査項目	照 査 面	照査項目					
直接基礎	荷重合力の作用位置	底面	支持力	底面 [前面]	せん断抵抗力 [受働抵抗力]	剛体				
ケーソン基礎	-	底面	支持力度	底面 前面 (設計地盤面)	せん断抵抗力 受働抵抗力 (水平変位量)	剛体 (弾性体)	← (→) (←→)			
鋼管矢板基礎	-	底面	支持力	設計地盤面	水平変位量	弾性体	← (→) ← (→)			
杭基礎	有限長杭	-	頭部	設計地盤面	水平変位量	弾性体	← (→) ← (→)			
	半無限長杭	-	頭部	設計地盤面	水平変位量	弾性体	← (→) ← (→)			

[ ] : 前面地盤の水平抵抗を期待する場合についてのみ照査を行う。

( ) : 1 < βl < 2 のケーソン基礎については基礎の剛性を評価し水平変位量についても照査を行う。

l : 基礎の有効根入れ深さ (cm)

EI : 基礎の曲げ剛性 (kgf・cm<sup>2</sup>)

D : 基礎の幅または直径 (cm)

$$\beta = \text{基礎の特性値 (cm}^{-1}\text{)}, \beta = \sqrt{\frac{4kHD}{4EI}}$$

kH : 基礎の水平方向地盤反力係数 (kgf/cm<sup>3</sup>) (βlの判定には常時のkHを用いる。)

力は完成後の荷重およびプレストレスの影響を考慮して決定する。

#### 4. 施 工

PC ウェル基礎の施工法は、地質条件、施工条件、

深度などを十分考慮し、安全確実に沈設できる施工法を選定する必要がある。施工法は大別すると、①建設省土木研究所開発による支持圧入式施工法と②中掘圧入式施工法の2方式があり、それぞれの特性の要点を整理したものを表-5、表-6に示す。

表-5 PCウェル施工法

	支持圧入式施工	中掘圧入式施工
開発者	建設省土木研究所	
概念図	<p>支持・圧入装置 ロータリーテーブル PCウェル 支持(反力)杭 遊星駆動型掘削機</p> <p>バケット系掘削機 遊星駆動型掘削機</p>	<p>ハンマーグラブバケット センターホールジャッキ 油圧ポンプ 鋼製フレーム 反力杭</p>
掘削沈下の基本	PCウェル躯体を懸吊支持した状態で躯体内の土砂をバケット系の掘削機や、刃先下の土砂をリバース方式の遊星駆動型掘削機で掘削・排土しながら圧入沈下させ、所定の深度に到達させる工法	PCウェル躯体内の土砂をバケット系の掘削機で掘削・排土しながら圧入沈下させ、所定の深度に到達させる工法
沈設設備	支持圧入装置	圧入装置 (六角フレーム・三角加圧板)
掘削機	ハンマーグラブバケット クラムシェルバケット 遊星駆動型掘削機	ハンマーグラブバケット クラムシェルバケット
躯体制御	姿勢制御容易	姿勢制御可能
軟弱地盤	過沈下防止可	自沈防止不可
適用地盤	超軟弱 (N=0) ~ 中硬岩 (qu ≤ 300kgf/cm <sup>2</sup> )	軟弱 (N ≥ 2) ~ 硬質礫 (N ≤ 50)
施工精度 偏心 傾斜	50mm以内 1/500	100mm以内 1/200

表-6 施工法・掘削機種選定表

選定条件		施工法 掘削機種	支持圧入式施工		中掘圧入式施工
			バケット系掘削機 (中掘部分掘削)	遊星駆動型拡底掘削機 (刃先下全断面掘削)	バケット系掘削機 (中掘部分掘削)
地形および地質条件	上層および中間層の状態	5 cm以下の礫層がある	○	○	○
		5～10cm以下の礫層がある	○	○	○
		15～50cm以下の礫層がある	○	×	○
		上層軟弱で下層良好	○	○	○
		中間層がきわめて軟弱	○	○	○
		中間層が軟弱	○	○	○
		中間層にきわめて硬い層がある	△	○	△
		中間層に5 m以上の細砂層がある	○	○	○
		流動化する地盤	○	○	○
	支 持 地 盤 の状態	傾斜している (30°以上)	○	○	○
		凹凸が激しい	○	○	○
		軟岩程度	×	○	×
	地下水 の状態	地下水位が地表面に近い	○	○	○
湧水量がきわめて多い		○	○	○	
地表より2 m以上の被圧地下水		△	○	△	
地下水流速3 m/min以上		△	△	△	
施工条件	施工深度(m)	2～5	○	△	○
		5～15	○	○	○
		15～25	○	○	○
		25～40	○	○	○
		40～55	△	○	△
		55～70	×	○	×
	施工径	φ1.6m以上 φ2.5m以下	○	-	○
		φ3.0m以上 φ4.0m以下	○	○	○
	栈台上 施 工	水深5 m未満	○	○	△
		水深5 m以上	○	○	×
	作業空間が狭い	△	△	○	
環境条件	低騒音・低振動	○	○	○	
	近接構造物に対する影響	○	○	○	
	有害ガスの影響	○	○	○	

○：適合性が高い

△：適合性がある

×：適合性が低い

## 5. 特 長

PC ウェル工法の特長を下記に示す。

- 1) 躯体が工場製品であるため品質の信頼性が高く、かつPC構造であるため曲げ耐力が大である。なお、コンクリートの圧縮強さ  $\sigma_{ck} \geq 500 \text{ kgf/cm}^2$  以上で遠心力成形等により緻密なコンクリートである。
- 2) 低振動、低騒音の無公害工法である。
- 3) 施工は同一作業の繰返しであることから単純化され、省力化、迅速化、施工管理が容易である。

- 4) 陸上施工、水上施工ともに適応でき、特に水上施工では仮締切工や築島などを必要としない。
- 5) 周辺地盤を乱すことが極めて少ないので、既設構造物との近接施工に適している。
- 6) 特殊な大型機械類が不要であるため、狭小なスペースでの施工が可能である。

## 6. 利 用 例

### (1) 都市モノレール橋脚基礎

市街地の街路の上空空間を利用して、高速道路や新交通システムが建設されるケースが多くある。既にいくつかの実績があるが、さらに施工性の向上、

◇地下◇

合理化をはかるため PC ウェル基礎と鋼製橋脚柱とをフーチングを介さないで直接結合する構造が開発され実用化されている。

(2) マンホールとしての利用

PC ウェルの内空間利用の一例であるが、都市の地中深く埋設された下水道や、電力・通信などの各種トンネルと地上とを連絡するシャフト（人孔）に PC ウェルを利用している（図-4）。

(3) 排水浄化施設としての利用

PC ウェルの内空間を利用・応用して産業排水や生活排水の浄化処理用の曝気槽として使用する。活性汚泥法による水処理を、狭い敷地で効率よく処理するため立体化したのが、英国の ICI 社で開発した超深層曝気方法（ディープシャフトシステム）で鉛直方向に深さ 100 m 前後の構造物となる。

(4) 小判形橋脚

橋脚に用いられる PC ウェルは、ほとんどが基礎部と同径のまま突出させているが、河川管理の関係

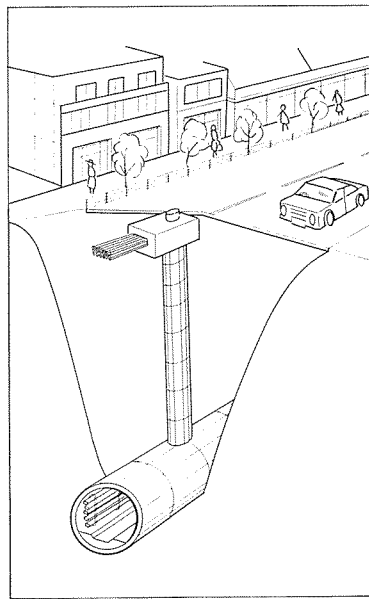


図-4 トンネル構造物のシャフト（人孔）

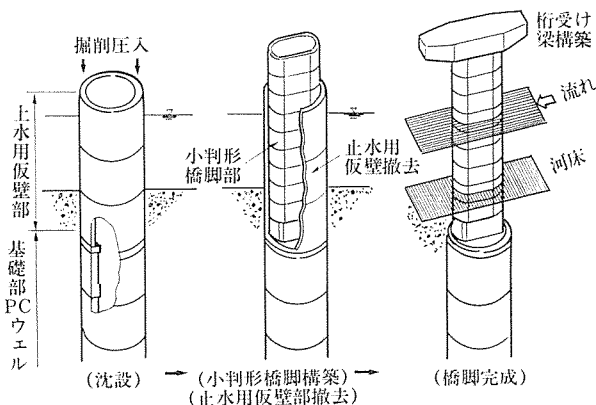


図-5 小判形橋脚築造工法

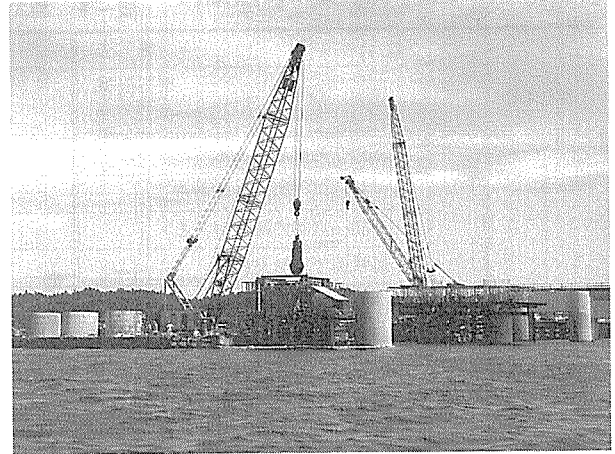


写真-1 北浦大橋（茨城県）

上、基礎部は円形とし、橋脚部を小判形とした実施例もある（図-5）。

(5) 既設橋梁の補強

既設の橋梁の基礎部が洗掘などによって河床沈降が生じて露出し、補強する手法の一つに露呈したケーソン基礎のそばに PC ウェル基礎を新設し、旧橋脚と一体化したのものもある。

以上、PC ウェル工法について記したが、当 PC ウェル工法研究会は、PC ウェルの施工法の一つである建設省土木研究所開発の支持圧入式施工法の改良普及を目的に民間建設会社を中心に構成し、目下、工法の多目的用途の開発と建設省を始め関係機関のご指導ご協力の下により大きい径の開発や新しい施工法の開発をすすめており、近代工事にマッチした工法としてますます発展するものと期待されている。

問合せ先

PC ウェル工法研究会 事務局

〒102 東京都千代田区三番町 6-1 飛鳥第二ビル内  
TEL 03-3234-2977 FAX 03-3288-5285

〔PC ウェル工法研究会正会員〕

- |                   |           |            |
|-------------------|-----------|------------|
| (株)大林組            | (株)大本組    | (株)奥村組     |
| 鹿島建設(株)           | (株)加藤建設   | (株)熊谷組     |
| (株)鴻池組            | (株)国場組    | 五洋建設(株)    |
| 佐藤工業(株)           | 清水建設(株)   | (株)白石      |
| 住友建設(株)           | (株)銭高組    | 大成建設(株)    |
| 大豊建設(株)           | (株)大栄組    | (株)竹中土木    |
| 東亜建設工業(株)         | 東急建設(株)   | 東洋建設(株)    |
| 戸田建設(株)           | 飛鳥建設(株)   | 西松建設(株)    |
| 日特建設(株)           | 日本国土開発(株) | 日本ヒューム管(株) |
| (株)間組             | (株)ピー・エス  | (株)フジタ     |
| 前田建設工業(株)         | 三井建設(株)   | 若築建設(株)    |
| 〔PC ウェル工法研究会賛助会員〕 |           |            |
| 高周波熱錬(株)          | 三信工業(株)   | 神鋼鋼線工業(株)  |
| (株)東京製作所          |           |            |