

# 新形式鋼管矢板基礎工法(ハイパーウェルSP) の開発と実施例

遠藤和雄<sup>1</sup>・宮川昌宏<sup>1</sup>・風間広志<sup>2</sup>・脇登志夫<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 清水建設株式会社 土木技術本部設計部 (〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3)

<sup>2</sup>正会員 清水建設株式会社 技術研究所社会基盤技術センター (〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17)

<sup>3</sup>正会員 清水建設株式会社 土木技術本部技術開発部 (〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3)

新形式鋼管矢板基礎工法(ハイパーウェルSP)は、コスト縮減と施工性向上を目指し、開発を推進してきた大規模橋梁向けの新しい基礎工法である。本工法は、従来の鋼管矢板基礎工法に改良を加えたものであり、鋼管コンクリート合成部材および場所打ち杭からなる複合杭と、鋼管矢板を相互に連結する高耐力継手(ハイパージャンクション)を組み合わせたものである。

本論文では、このハイパーウェルSPの開発について、施工技術を中心として報告する。

**キーワード：**基礎, 鋼管矢板, 場所打ち杭, 高耐力継手, 合成構造,  
ハイパーウェルSP, ハイパージャンクション

## 1. はじめに

近年、幹線交通網の整備や空港・港湾へのアクセス道路整備などが各地で進捗している。これらの道路網では軟弱地盤や沿岸域での橋梁も多く、基礎の大深度化・大規模化が求められている。またプロジェクトの投資効果を向上させるため、大幅なコスト削減、工期短縮への要望も高い。

このような背景のもと、これらのニーズに応え得る工法の一つとして、従来の鋼管矢板基礎の設計・施工技術を踏襲しつつ、より経済性と施工性を向上させた大規模橋梁向けの新しい基礎工法「ハイパーウェルSP」(SP:Steel-Pipe-Sheet-Pile)を開発してきた。

ここでは、本工法について、その施工技術の開発を中心に紹介するとともに、実施例の概要を述べる。

## 2. ハイパーウェルSPの工法概要

「ハイパーウェルSP」は、従来の鋼管矢板基礎に3つの改良を加えたものである。すなわち、図-1に示すように、①鋼管コンクリート合成部材および②場所打ち杭から成る複合杭と、鋼管矢板を相互に

連結する③ハイパージャンクションにより構成される。これらの要素技術を従来技術と比較すると、次のとおりである。

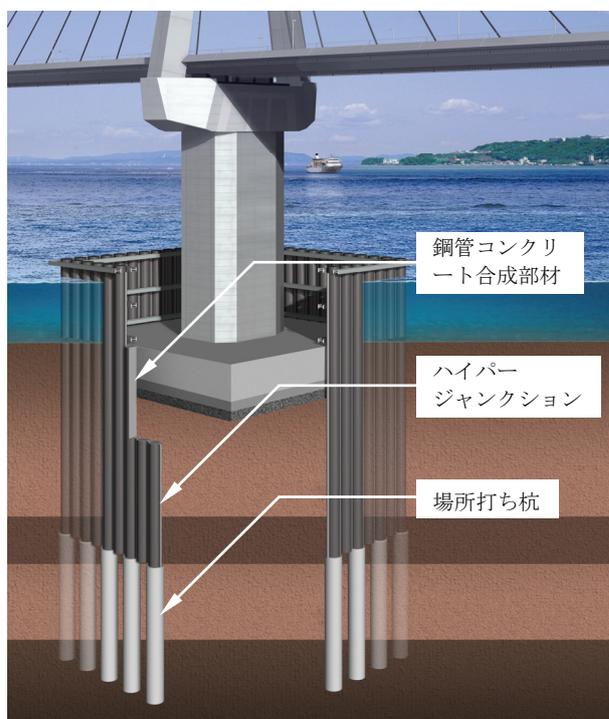


図-1 ハイパーウェルSPの概要



写真-1 ハイパージャンクション

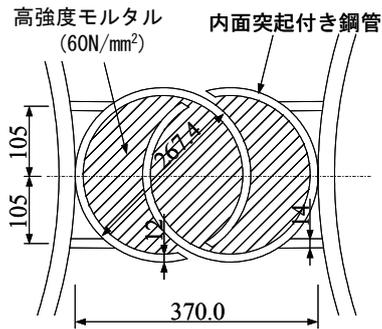


図-2 ハイパージャンクション

- ①鋼管コンクリート合成部材：鋼管コンクリート合成部材は、鋼管内にコンクリートを充填した構造であり、鋼管内面に突起(リブ)を設けることにより、合成構造としての効果が期待できる。したがって、鋼管のみの場合に比較すると杭1本あたりの剛性が高くなる。
- ②場所打ち杭：鋼管矢板を支持層へ十分根入れさせることが施工上困難な場合には、鋼管矢板1本当りの鉛直支持力が十分に期待できず、これによって基礎の形状・寸法が決定される場合がある。支持層部分を場所打ち杭とすることにより、施工性を損なうことなく鉛直支持力の不足分を補うことができる。
- ③ハイパージャンクション：ハイパージャンクション(高耐力継手)は、図-2および写真-1に示すように、従来の鋼管矢板基礎のP-P型継手を基本として、次に示す構造とすることで継手のせん断耐力を従来の10倍(2.0MN/m)<sup>1),2)</sup>に向上させたものである。
  - i) 継手管の内表面に突起を設け、モルタルとの付着強度を向上させる。
  - ii) 高強度モルタルの使用により付着強度を向上させる。
  - iii) 継手管の外径を165.2mmから267.4mmに拡大する

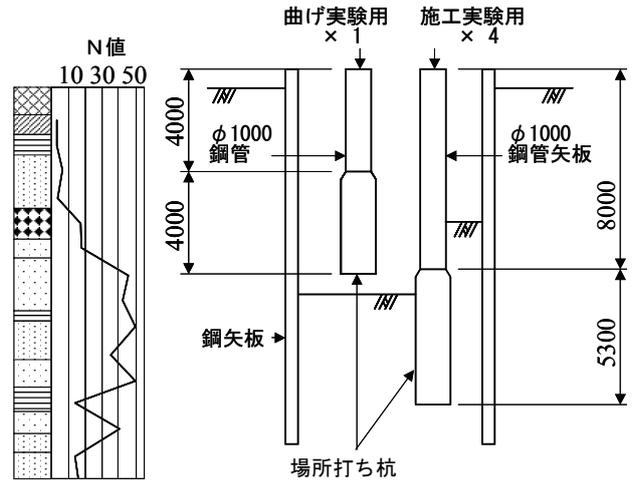


図-3 施工性確認実験 [A]

ことで、広い付着面積を確保する。また継手管の径を大きくすることで継手管内の洗浄の施工性も向上する。

これらの要素技術を有するハイパーウェルSPを適用することにより、基礎の剛性および鉛直支持力が向上することで、従来の鋼管矢板基礎工法に比べて平面寸法を縮小できる。すなわち本工法は、従来の鋼管矢板基礎では基礎の平面寸法が大きくなる大規模橋梁および河積阻害率の制約等で平面寸法を小さくする必要がある場合において、従来の鋼管矢板基礎、さらにはケーソン基礎に比べて十分な競争力をもつ優れた工法である。

### 3. ハイパーウェルSPの施工

ハイパーウェルSPの施工は、従来の鋼管矢板基礎に対して、鋼管コンクリート合成部材と場所打ち杭の施工が加わる点に加え、ハイパージャンクションの清掃方法が大きく異なる。これらの構造と施工方法については、2度の確認実験 [A], [B] を行っており、その結果について述べる。

#### (1) 鋼管コンクリート合成部材の施工性

本工法における鋼管コンクリート合成部材の施工は、まず鋼管矢板を所定の深度まで打設した後に、鋼管本体、および場所打ち杭部の掘削後、鉄筋かごを設置し、内部にコンクリートを充填する手順で行う。この部材が合成構造として機能するためには、鋼管内部の突起部にいたるまで土砂を排除する必要があるため、確実な清掃方法を施工実験によって確



写真-2 管内清掃器具

認した<sup>3),4)</sup>.

この確認は、施工性確認実験〔A〕の一環として行った。本実験の概要を図-3に示す。実験は、ハイパージャンクションを有する外径1,000mm、板厚16mm、長さ8,000mmの鋼管矢板4本(施工実験用)と、外径1,000mm、板厚16mm、長さ4,000mmの鋼管杭1本(曲げ実験用)を打設した後、まず鋼管内の土砂をドリリングバケットを装備したアースドリル機で掘削した。アースドリル機による掘削が終了後、ドリリングバケットを写真-2に示す管内清掃器具に交換し、付着土の清掃を行った。この器具は側面に、ワイヤーブラシとシュロ(繊維)を、おのおの4方向に取付けたもので、鋼管内に回転させながら挿入することで、鋼管内面の清掃を行うものである。この器具による清掃前と清掃後の状況を写真-3に示す。1~2回の清掃で、鋼管内壁面の突起部にいたるまで、十分に付着土を除去することができた。また、掘り出した杭の曲げ実験<sup>5)</sup>により、確実な合成効果が得られていることがわかった。

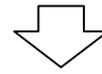
## (2) 場所打ち杭の施工性

本工法における場所打ち杭部の施工は、まず、鋼管矢板を所定の深度まで打設し、鋼管本体内の土砂を掘削した後に、その下部に造成する手順で行われる。

施工性確認実験〔A〕の一環として、嵌合した4本の鋼管矢板の下部ならびに1本の鋼管杭の下部にアースドリル工法によって場所打ち杭を造成し、そ



(a) 清掃前



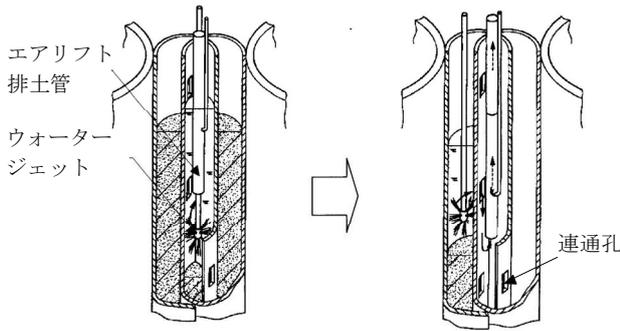
(b) 清掃後

写真-3 鋼管矢板本管の清掃状況



写真-4 鋼管と場所打ち杭との接合部

の出来形を確認した。施工は、鋼管内の土砂を掘削し、鋼管内面の清掃を行った後に、安定液を注入し、外径900mmの軸部掘削を先行して行った。その後、拡径バケットに交換し、外径1,300mmの拡径掘削を行った。この拡径掘削は、場所打ち杭先端(下端)で拡径して、順次その上方に向かって拡径する方法で実施し、1本おきに行った。



中央の部屋にエアリフト排土管を挿入し、ウォータージェットで掘削された土砂をエアリフト排土管により排土する。

エアリフト排土管を中央の部屋に設置した状態で、左右の部屋をウォータージェットにより掘削する。掘削土は、継手内面の連通孔などを通して中央の部屋に流入し、排土管により排土される。

図-4 エアリフト排土管併用方式

鋼管矢板と場所打ちコンクリート杭との接合部の状況を写真-4 に示す。この結果から、孔壁の崩壊もなく、鋼管矢板下端から拡張杭が確実に造成されていることが確認できた。

### (3) ハイパージャンクションの施工性

継手のせん断耐力を従来継手に比べて大幅に向上させたハイパージャンクションは、継手管構造に工夫を施すとともに管内土砂の排出およびモルタル充填性を確実なものとするため、新たな施工方法を開発した。まず土砂の排出では、従来のウォータージェット方式のほかに、深度が深い場合などに、図-4 に示すエアリフト排土管併用方式を使用することにより、排土能力を向上させた。この方法は、継手管の外径を267.4mmと大きくさせたこと、および継手部に間隔保持鋼材を使用して継手管の間隔を保持し、継手で構成される空間の確保が可能になったことで、エアリフト排土管(たとえば外径60.5mm)の継手管内への挿入が可能となり実現したものである。

また、継手管の一部に連通孔と称する幅50mm×高さ100mm程度の孔を継手の長手方向に断続的に設け、継手の中央の部屋に設置するエアリフト排土管への土砂の移動、およびモルタル充填を促進させた。

#### (a) 施工性確認実験 [A]

施工性確認実験 [A] の一環として、ハイパージャンクションの清掃およびモルタル充填性の確認を

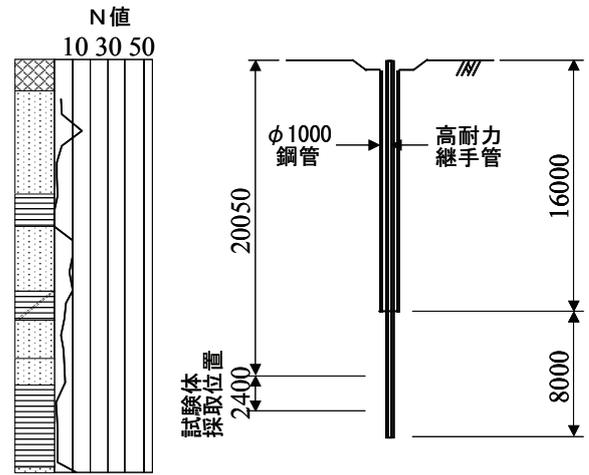


図-5 施工性確認実験 [B]

行った。管内の清掃は、吐出圧力 10~15MPa の能力を有する高圧ウォータージェットによって行い、強度 60N/mm<sup>2</sup> の高強度モルタルをモルタルポンプを使用して打設した。実験後は養生期間をおいて取出し、供試体として継手のせん断試験を実施するとともに、試験後は鋼板をはがしてモルタル充填状況を確認した。その結果、管内壁面の突起部にいたるまで十分に付着土を除去することができており、このことはせん断試験<sup>1)</sup>においても実証された。

#### (b) 施工性確認実験 [B]

ハイパージャンクションのより深い位置での検証のため、施工性確認実験 [B] を行った。本実験の概要を図-5 に示す。ガイド管として予め外径 1,000mm、長さ 15.5m の鋼管を打設しておき、その内部の土砂を排土した後に、予め P-P 型に組んだ 1 組の長さが 24m のハイパージャンクションを実地盤中に 8m バイプロハンマで打設した。その後、継手管内に上端まで砂を沈設した上で、管内の清掃を行い、モルタルを打設した。その後、養生期間をおいて引き抜いた。

本実験での清掃方法はエアリフト排土管併用の高圧ウォータージェット(吐出圧力 10~15MPa、吐出量約 300 リットル/分)を用いた。施工性確認実験 [A] 同様に、せん断試験と内部の観察を行った結果、管内壁面の突起部にいたるまで非常によく洗浄できていた<sup>1)</sup>。

## 4. ハイパーウェルSPの実施例

ハイパーウェルSPは、徳島県が進める徳島東環

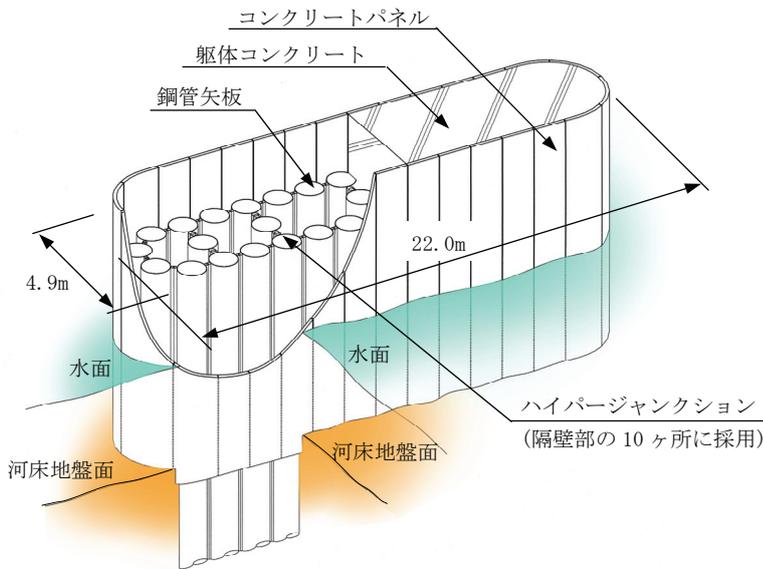


図-6 徳島東環状大橋(仮称)基礎の構造概要

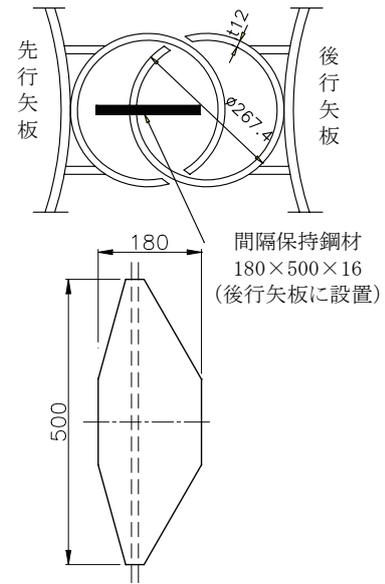


図-7 間隔保持鋼材

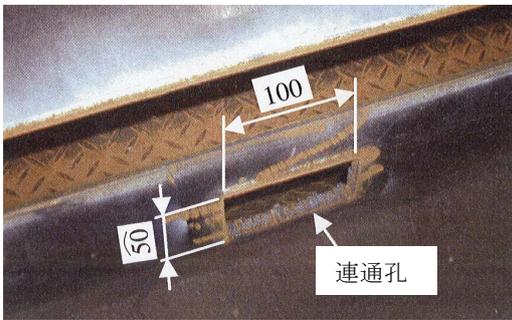


写真-5 連通孔

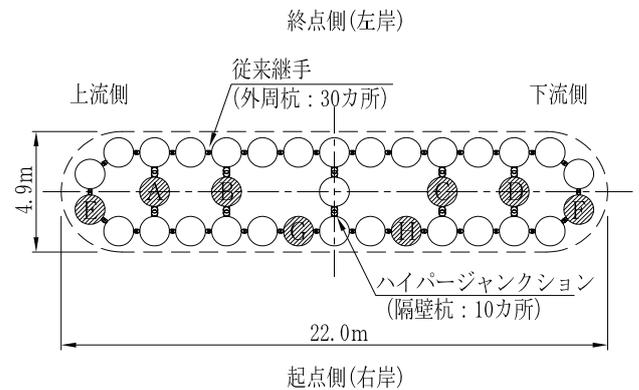


図-8 打撃回数と打止時貫入量の計測対象とした鋼管矢板

状線整備事業のうち徳島東環状大橋(仮称)の基礎で施工された。本橋は、吉野川の河口から1.8km上流に位置する橋長1,291m、橋脚14基の道路橋である。この基礎の構造概要を図-6に示す。本基礎は、橋軸直角方向に22m×橋軸方向に4.9mの超偏平行形状の鋼管矢板基礎構造であり、従来の鋼管矢板継手では短手方向の耐力が不足したため、隔壁部にハイパージャンクションが採用された。鋼管矢板は外径1,200mm、長さ55mの大口徑長尺杭で、このハイパージャンクションには前述した間隔保持鋼材(図-7)および2,000mm間隔で設けた連通孔(写真-5)を設けた<sup>1)</sup>。さらに本施工においては、ハイパージャンクションを有する鋼管矢板の貫入性について従来継手を有する鋼管矢板との比較を目的として、打撃回数と打止め時貫入量を測定した。測定した鋼管矢板を図-8に、測定結果を表-1に示す。表に示すように、ハイパージャンクションと従来継手とで有意な差異は認められなかった<sup>1)</sup>。

表-1 打撃回数と打止時貫入量

	矢板の位置	隣接矢板との打設順	打止め以浅8.0m間の打撃回数(回)		打止時貫入量(mm)	
			打撃回数	平均値	貫入量	平均値
ハイパージャンクションを有する鋼管矢板	A	下杭後行打設 上杭先行打設	1,316	1,154	7.1	6.6
	B		1,004		6.8	
	C		1,299		6.5	
	D		995		5.9	
従来継手を有する鋼管矢板	E	下杭後行打設、 上杭先行打設(片側のみ)	1,088	1,194	8.1	7.9
	F		1,066		8.2	
	G		1,533		6.3	
	H		1,088		8.9	

## 5. まとめ

ハイパーウェルSPの開発について、施工性確認実験および実施例から、以下の知見が得られた。

### ①鋼管コンクリート合成部材

鋼管コンクリート合成部材の施工性確認のた

め、確認実験によって、鋼管内の土砂をアースドリル機によって掘削、その後、管内清掃器具を鋼管内に回転させながら挿入した。その結果、鋼管内壁面の突起部にいたるまで、十分に付着土を除去することができることを実証した。

#### ②場所打ち杭の施工性

場所打ち杭の施工性確認のため、確認実験によって、鋼管本体内の土砂を排土した後、その下部に場所打ち杭を造成した。その結果、鋼管矢板下端からの拡張場所打ち杭が高品質で造成されていることを実証した。

#### ③ハイパージャンクション

ハイパージャンクションの施工性確認のため、施工性確認実験によって、間隔保持鋼材と連通孔を有するハイパージャンクションを、高圧ウォータージェットとエアリフト排土管を併用することにより、深度が深い場合でも管内壁面まで確実に清掃できることを実証した。

本工法は、大規模橋梁基礎において平面寸法の縮小を図ることで大幅なコスト削減が可能であり、また河積阻害等で基礎平面寸法に制約がある場合にも対応が可能であり、今後より一層の適用拡大が期待される。

ハイパーウェル S P は、平成 15 年度に(財)土木

研究センターにおける学識経験者からなる建設技術審査証明委員会にて審議され、平成 16 年 4 月に建設技術審査証明を取得している。

最後に本工法は、J F E スチール(株)、清水建設(株)、(株)大林組の 3 社による共同開発工法であることを付記すると共に、関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

#### 参考文献

- 1) (財)土木研究センター：土木系材料・製品・技術建設技術審査証明報告書 高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎 高耐力継手を用いた鋼管矢板・場所打ち杭複合基礎「ハイパーウェル S P」, 2004年4月
- 2) 恩田邦彦, 横幕清, 大久保浩弥：高耐力継手付き鋼管矢板を用いた新形式基礎「ハイパーウェル S P」の開発, J F E 技報, No. 10, 2005年12月, pp. 10-15
- 3) 大久保浩弥, 風間広志, 勝谷雅彦, 佐藤峰生：鋼管矢板複合基礎工法の概要, 第24回日本道路会議一般論文集(B), 2001年10月, pp. 336-337
- 4) 大久保浩弥, 宮川昌宏, 勝谷雅彦, 佐藤峰生：鋼管矢板複合基礎-新しい大規模橋梁基礎工法-, 橋梁と基礎, Vol. 36, 2002年8月, pp. 128-130
- 5) 大久保浩弥, 西澤信二, 三谷靖：大規模橋梁向け鋼管矢板複合基礎工法の施工性と構造性能, 川崎製鉄技報, Vol. 34, No. 4, 2002年, pp. 33-39