

技術論文

狭隘施工・仮設工事におけるハット形鋼矢板 (SP-J) の技術優位性

Technical Advantages of Hat-shaped Steel Sheet Pile (SP-J) for Construction in Narrow Spaces, and for Temporary Works

亀山 彰久* 乙志 和孝 西山 輝樹
Akihisa KAMEYAMA Kazutaka OTSUSHI Teruki NISHIYAMA
永尾 直也 坂本 俊彦 荒木 優介
Naoya NAGAO Toshihiko SAKAMOTO Yusuke ARAKI

抄 録

日本製鉄(株)では、1996年に600mm幅のハット形鋼矢板(SP-J)を開発、2005年には単一熱間圧延材では世界最大の矢板幅(900mm)を有するハット形鋼矢板を市場投入、現在では、河川・港湾工事等、本設分野で使用される鋼矢板の主流となっている。一方、仮設分野では、鋼矢板を打設、供用後に引抜き、複数回繰返し使用するため、鋼矢板には経済性に加え堅牢性が要求される。これまで400mm幅のU形鋼矢板が主流であったが、近年SP-Jの施工性、堅牢性が評価され、繰返し使用する仮設用途での採用が増えつつある。本論ではSP-Jの技術特性を中心に、実地盤での繰返し打設試験による施工性、堅牢性の評価、及び実工事を想定した工期・工費の優位性を示す。

Abstract

Nippon Steel Corporation developed the first hat-shaped steel sheet pile (600 mm in width as hot-rolled) in 1996. The company then developed and promoted the hat-shaped steel sheet pile (900 mm in width as hot-rolled) in 2005. Currently, this hat-shaped steel sheet pile is the leading sheet pile for permanent usage in Japan. On the other hand, regarding temporary usage, the steel sheet pile is installed and extracted several times. Therefore, it is important that the steel sheet pile is not just economical, but also robust. To date, the majority of sheet pile employed for temporary usage is U-shaped steel sheet pile (400 mm in width). However recently, the drivability and robustness of SP-J has been evaluated. The application of SP-J has gradually increased in temporary projects. In this report, main technical points are described, specifically as topics about the field test installation for the evaluation of drivability and robustness, and also the advantages in terms of construction period and cost.

1. 緒 言

鋼矢板とは、土木・建築工事で一般的に使用される建設資材で、河川・港湾護岸、道路擁壁、水路、耐震補強等の本設用途、及び構造物の建設時に、一時的に土水圧に抵抗するための仮設用途に用いられる。

官営八幡製鉄所にて1931年に鋼矢板を国産化、販売開始以来、U形・直線形・Z形・H形等の鋼矢板が開発されてきた。汎用的なものとしてU形鋼矢板が主流であったが、他社に先駆けて、1996年に日本製鉄(株)(旧住友金属工業(株))が600mm幅のハット形鋼矢板(図1、以下、SP-Jと称す、日本製鉄独自商品)を開発、2005年には単一

熱間圧延材では世界最大の矢板幅(900mm)を有するハット形鋼矢板を市場投入し現在に至っている。

ハット形鋼矢板は従来のU形鋼矢板と異なり1枚当たりの中立軸と壁を構成した後の中立軸が一致するため、U形鋼矢板では考慮する必要のあった継手のせん断ずれに起因する設計時の断面低減(継手効率の考慮)が不要となる(図

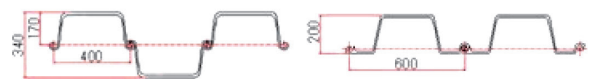


図1 400mm幅U形鋼矢板(左)とNS-SP-J(右)の形状
400 mm in width U-shape of steel sheet pile (left) and NS-SP-J (right)

* 厚板・建材事業部 建材開発技術部 土木建材技術室 土木技術第二課 部長代理 技術士(建設部門) 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

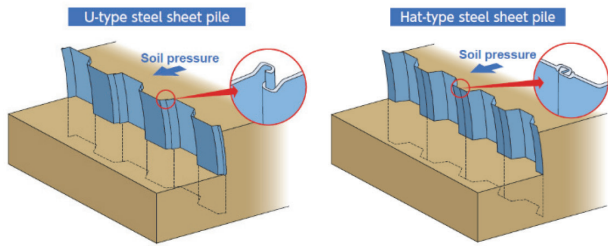


図2 土圧を受けた際の挙動の違い

Difference in behavior of steel sheet piles under earth pressure

2)。それにより、単位壁面積当たりの鋼重を低減でき、経済性に優れることから、現在では、河川・港湾工事等、本設分野で使用される鋼矢板の主流となっている。

一方、仮設分野では、鋼矢板を打設、供用後に引抜き、複数回繰返し使用するため、鋼矢板には経済性に加え堅牢性が要求される。そのため、これまで400mm幅のU形鋼矢板が主流であったが、近年SP-Jの施工性、堅牢性が評価され、繰返し使用する仮設用途での採用が増えつつあり、一部リース業者も保有している。

本論ではSP-Jの技術特性を中心に、汎用鋼矢板(400mm幅U形)に対する優位性を説明する。

2. SP-Jを用いた近接施工

2.1 製品特性

SP-Jの有効幅は600mm(図3)であり、仮設市場における汎用鋼矢板(400mm幅U形)に比べて1.5倍の有効幅を有するため、必要施工枚数を低減できることから工期縮減に繋がる。

先述の通り、ハット形鋼矢板は継手部のせん断ずれによる断面低減が不要(継手効率=1.0)なことから、汎用鋼矢板(U形III型(以下、SP-IIIと称す)・IV型(以下、SP-IVと称す))との設計時の断面性能比較では、図4に示すように、SP-IIIとSP-IVの中間に位置する(土木分野の仮設設計で一般的に用いられる、道路土工-仮設構造物工指針²⁾に記載の継手効率値断面二次モーメント0.45、断面係数0.60を参照)。

2.2 ゼロクリアランス工法

日本製鉄では、製品の提供のみならず、利用技術との組み合わせによる高度なソリューションを提供している(建設ソリューションブランドProStruct[®])。とくに、SP-Jは、汎用鋼矢板と同様に、パイロハンマ工法、及び圧入施工が適用可能であるが、SP-Jという特長的な製品に専用開発された圧入機(製造:(株)技研製作所、名称:ゼロパイラー³⁾)を使用することにより、近接する構造物とのクリアランスを“ゼロ”とできる施工空間を提供している。これより、従来工法では鋼矢板が適用できなかった狭隘水路等での土木工事や(図5)、敷地の有効活用が求められる建築

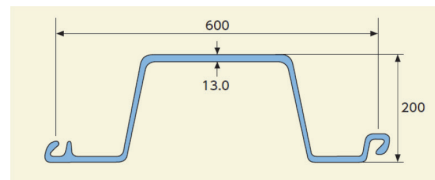


図3 SP-Jの断面形状
Cross-sectional shape of SP-J

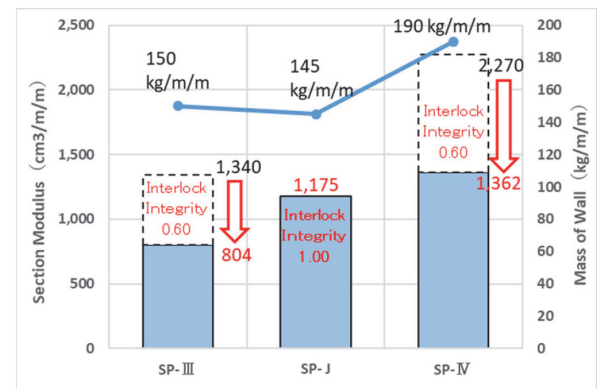
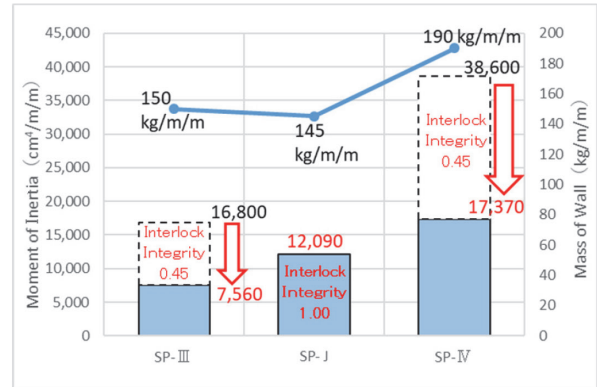


図4 継手効率を考慮した断面剛性比較

Cross-sectional stiffness comparison considering interlock integrity

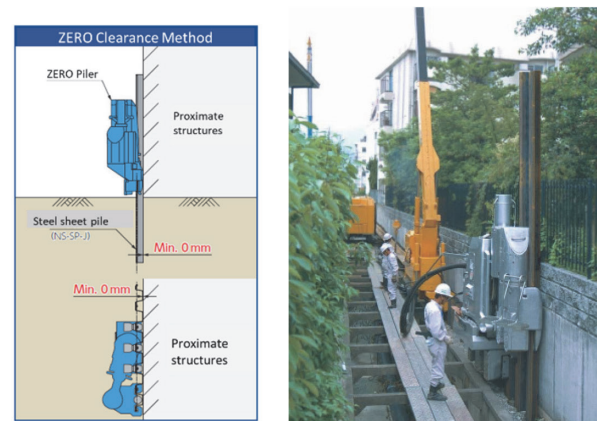


図5 ゼロパイラーを用いた近接施工の状況

Situation of construction in close proximity using a zero-piler

工事での近接施工ニーズに応える形で、技術認知・定着が図られてきた。例えば、20m×20mの敷地を仮定した場合、従来工法に比べて建物の有効面積を約10%程度増加する

ことが可能である (図 6)。

2.3 工法の特性

SP-J は近接施工に対応可能な鋼矢板として開発され今に至っているが、近接施工で評価されるポイントとして、前述の施工機との組み合わせによるゼロクリアランス施工の他、施工時の鉛直精度が優れることが挙げられる。

SP-J の形状特性を調査すべく、地中部挿入傾斜計を用いて SP-J、及び汎用鋼矢板の地中部挙動を確認した。

鋼矢板の打設は、既に地盤へ打ち込まれた鋼矢板の継手部分を嵌合させて施工するため、U 形鋼矢板の場合、1 枚毎に矢板の凹凸を反転させる必要があることから、鋼矢板の継手を中心に凹部側に回転する傾向を示す (図 7)。

一方、SP-J は非対称な継手を有しており、鋼矢板を反転

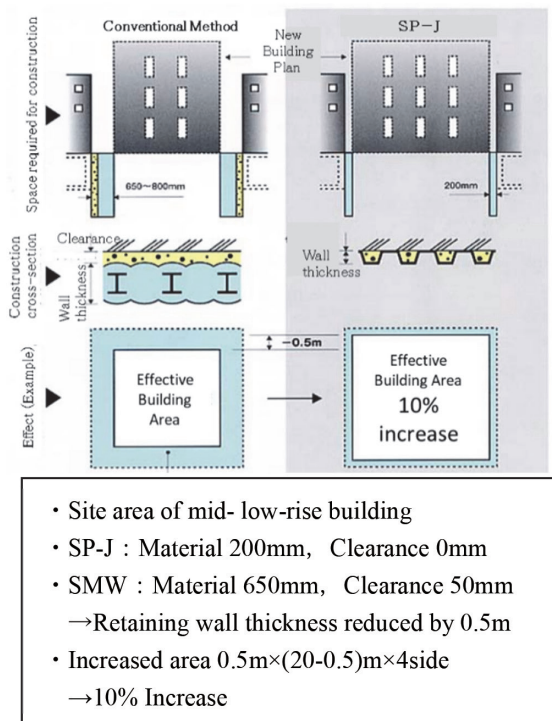


図 6 建築の山留に SP-J を使用した場合のメリット
Advantages of using SP-J for architectural retaining wall

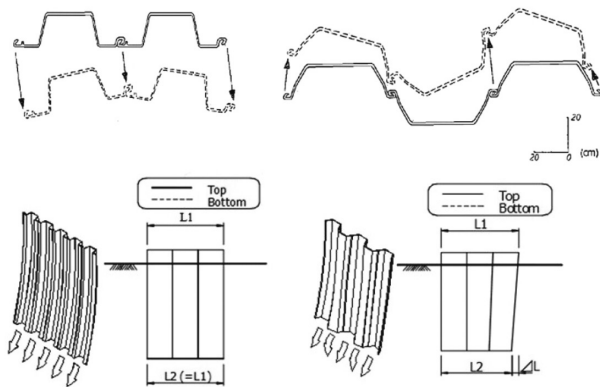


図 7 SP-J と U 形鋼矢板の地中部挙動
Underground behavior of SP-J and U-shaped sheet piles

させずに、同一方向に打設できることが特長である (図 7)。
SP-J は継手近傍の平行部が抵抗になり鋼矢板の回転を起こし難いことで、継手の競り等が抑止されることから、施工時の鉛直精度が保持され施工性に優れる。

3. SP-Jの繰返し仮設での検討

3.1 施工試験による技術評価

SP-J の繰返し打設性・耐久性を評価すべく、図 8 に示す実地盤を対象に圧入機を用いた施工試験を実施した。

試験材として汎用鋼矢板 (SP-IV)、及び SP-J (各 6 枚、L=13.0m) を用い、施工時間、施工可能な繰返し回数の比較を行った。

図 9 に示す圧入機を用いて、矢板の打設、引抜き、洗浄、再打設という一連の施工作業を繰返し行った。

打設回数毎の各供試体の 1 枚当たりの施工に要した時間を図 10 に示す。SP-J は概ね安定しており、平均すると 21.5 分であった。一方、SP-IV は打設回数が増加する毎に施工に要する時間が増加し、平均すると 37.1 分となった。SP-J の幅が SP-IV に比べて 1.5 倍の幅になっていることも考慮すると 2.6 倍の速度で施工できることになる。

今回の施工試験では、通常仮設業者が行う曲がり反りの矯正や端部補修等の整備を行わず、鋼矢板の繰返し使用として厳しい条件で繰返し打設を実施した。繰返し回数に着目すると、SP-J は 5 回目でも繰返し施工が可能であったが、SP-IV は繰返し回数 3 回目で、打設不能となったものがあ

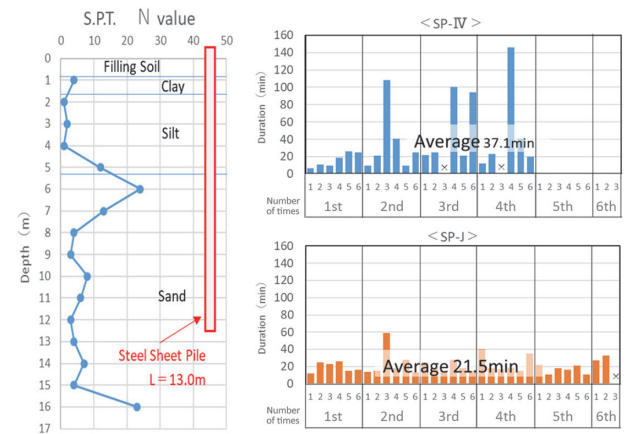


図 8 施工試験地盤 Soil conditions
図 10 施工回数毎の施工時間 (分) Number of times and duration (minutes)



図 9 施工試験の状況
Status of penetration tests

た。これは、図7に示したように、地中部での曲がり反り等の挙動や継手部への負荷が影響していると推察され、SP-Jはそれらの負荷が軽減されたことから、繰返し施工に対して優位であったと考えられる。

これらのことから、施工条件や地盤条件等の検証、実績の蓄積等が必要ではあるが、今回の試験からは、SP-Jの繰返し使用に関する堅牢性はSP-IVと同等以上であると考えられる。

3.2 2段切梁での比較検討

汎用鋼矢板 (U形) が用いられる一般仮設工事を想定し、SP-Jを適用した場合の試設計を行い、設計面での優位性、及び概算材工費・工期縮減効果について検証を行った。

設計条件は表1に、検討断面を図11に示す。

ここでの試設計は、延長100m、掘削深度5.8m、矢板材はSP-JとSP-IVで2段切梁を仮定し、材工費、及び工期

表1 設計条件
Design condition

Design code	Guidelines for temporary structure work on road earthworks
Soil condition	Sand (N=15, $\phi=30^\circ$) Wet unit weight $\gamma=18.0\text{kN/m}^3$ Submerged unit weight $\gamma'=10.0\text{kN/m}^3$
Surcharge	$q=10\text{kN/m}^2$

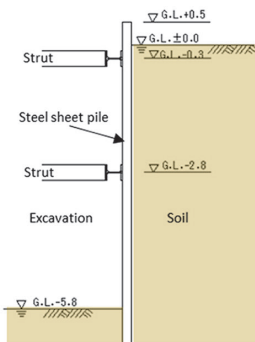


図11 2段切梁の検討断面
Cross section of structure with double strut

表2 2段切梁の検討結果
Results of the study of double strut

Steel sheet pile type	Unit	SP-IV	SP-J	
Width	(mm)	400	600	1.5 times increase
Number of pieces	(pcs)	250	167	33% reduction
Length	(m)	13.5	13.5	
Total weight	(ton)	257	196	24% weight reduction
Total installation length	(m)	3 375	2 255	33% reduction
Ratio of direct construction costs	(%)	100	84	16% advantage
Ratio of installation period	(%)	100	72	28% advantage

の試算では、材料費は建設物価誌掲載⁹⁾の仮設鋼矢板、SP-Jのリース材単価、施工費は国土交通省土木工事積算基準⁵⁾、パイプロハンマ工法技術研究会の積算歩掛⁶⁾を参考に試算した。

SP-Jを適用することで、鋼材重量約24%の低減に繋がり、また、矢板幅の優位性から打設本数を33%低減、これらにより、材工費(直工ベース)で約16%、矢板打設に係る工期を約28%削減できる結果であった(表2)。

3.3 切梁段数を減らした検討

2.1節で記載の通り、SP-Jの断面性能はSP-IIIとSP-IVの中間に位置することから、SP-III型+切梁2段で計画されている工事に対し、条件によっては切梁段数を1段に減らすことが可能であると考えられる。

今回の試設計条件下において、掘削深度5.3mにて構造検討を実施したところ、SP-III型では切梁2段が必要であるが、SP-Jの活用により切梁を1段削減することが可能であった。

3.2節同様の条件で試算したSP-III型とSP-Jの打設直工費、工期の比較断面を図12に、検討結果を表3に示す。

SP-Jを適用することで、鋼材重量約4%の低減、矢板幅の優位性から打設本数を33%低減、これらにより、材工費

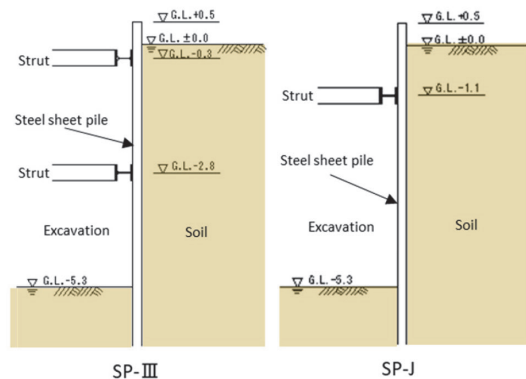


図12 切梁を減らした場合の検討断面
Cross section of structure with reduced strut

表3 切梁を減らした場合の検討結果
Results of the study with reduced strut

Steel sheet pile type	Unit	SP-III	SP-J	
Width	(mm)	400	600	1.5 times increase
Number of pieces	(pcs)	250	167	33% reduction
Length	(m)	12.5	12.5	
Total weight	(ton)	188	181	4% weight reduction
Total installation length	(m)	3 125	2 088	33% reduction
Ratio of direct construction costs	(%)	100	94	6% advantage
Ratio of installation period	(%)	100	81	19% advantage
Number of struts	(step)	2	1	Reduce by 1 step

(直工ベース) で約 6%、矢板打設に係る工期を約 19%削減できる結果であった。実際の工事では、これに加えて切梁段数が 1 段削減できることで、施工空間を確保できることや、切梁の設置・撤去に係る工期・工費の削減に寄与する等、施工計画、工事総額の抑制等のメリットが享受される。

4. 結 言

近年、構造物の維持更新等に伴う工事も増加しており、工事内容も複雑化している。そのため、SP-J の初期の開発コンセプトである近接施工のニーズも増大している。また、近接施工を伴う仮設工事でも、一般仮設 (非近接施工) 工事が同一工区内に存在することが多い。

今回、SP-J の工費・工期縮減だけでなく、一般仮設工事に求められる堅牢性についても、施工試験による結果から、

繰返し使用に耐え得るとの評価を行った。

今後は近接施工のみならず、一般仮設分野においても SP-J を活用することで、工事総額や工期縮減を図り、社会資本整備に対して貢献できるよう工法普及拡大に努める。

参考文献

- 1) 石黒健 ほか: 鋼矢板工法(上). 初版. 東京, 山海堂, 1982, p.7
- 2) 日本道路協会: 道路土工-仮設構造物工指針. 1999.3
- 3) 技研カタログ: ゼロクリアランス工法
- 4) 建設物価調査会: 建設物価. (2022.9)
- 5) 令和 21 年度版 国土交通省土木工事積算基準. 東京, 建設物価調査会, 2021
- 6) バイプロハンマ工法技術研究会: バイプロハンマ工法標準積算要領. 2021



亀山彰久 Akihisa KAMEYAMA
厚板・建材事業部 建材開発技術部
土木建材技術室 土木技術第二課
部長代理 技術士(建設部門)
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



乙志和孝 Kazutaka OTSUSHI
厚板・建材事業部 建材開発技術部
土木建材技術室 土木技術第二課長
工学博士



西山輝樹 Teruki NISHIYAMA
厚板・建材事業部 厚板・建材企画室
部長代理



永尾直也 Naoya NAGAO
厚板・建材事業部 建材開発技術部
土木建材技術室 土木技術第三課長



坂本俊彦 Toshihiko SAKAMOTO
厚板・建材事業部 建材開発技術部
土木建材技術室 土木技術第二課
首席主幹



荒木優介 Yusuke ARAKI
厚板・建材事業部 建材開発技術部
土木建材技術室 土木技術第二課