

ハット形鋼矢板900の開発

Development of Hat Type Sheet Pile 900

原 田 典 佳^{*(1)} 龍 田 昌 毅^{*(2)} 黒 澤 辰 昭^{*(3)} 西 海 健 二^{*(4)}
 Noriyoshi HARATA Masataka TATSUTA Tatsuaki KUROSAWA Kenji NISHIUMI
 妙 中 真 治^{*(5)} 若 月 輝 行^{*(6)} 三 浦 洋 介^{*(7)} 江 田 和 彦^{*(8)}
 Shinji TAENAKA Teruyuki WAKATSUKI Yohsuke MIURA Kazuhiko EDA

抄 録

従来用いられてきたU形鋼矢板に対して施工性、構造信頼性、経済性に優れた新世代鋼矢板として“ハット形鋼矢板900”を開発した。ハット形鋼矢板900は、有効幅900mmの薄肉大断面形状を有し、優れた圧延製造技術を開発するとともに、設計、施工に関わる利用技術を開発させて実用化した建材商品であり、2005年より製造、販売を開始している。ハット形鋼矢板900について特徴、施工性及び構造性能等に関する性能確認試験、プロジェクト適用状況について報告した。

Abstract

“Hat Type Sheet Pile 900” was developed as a new generation sheet pile with improved drivability, higher structural reliability, and more economical merit compared with traditional U type sheet piles. Hat Type Sheet Pile 900 which has thin and large section shape of 900mm in effective width has been developed on the basis of state-of-the-art rolling technology and design/construction know-hows, and has been released in the market since 2005. In this report, the feature of Hat Type Sheet Pile 900 is revealed. Also, drivability/structural performance test results are shown, and finally some application examples are introduced.

1. はじめに

わが国の鋼矢板は、1930年代の製造開始以降、河川工事、港湾工事、仮設土留め工事等の幅広い用途で普及発展を遂げてきた。本報で述べるハット形鋼矢板900は、施工性、構造信頼性、経済性に優れた鋼矢板として、新日本製鐵(株)、JFEスチール(株)、住友金属工業(株)の3社共同により開発した鋼矢板である。

ハット形鋼矢板900は、図1、写真1に示すように、有効幅900mmのハット(帽子)形状をした鋼矢板で、現状、単一圧延材として世界で最も幅の広い鋼矢板である。10H、25Hの2つの型式があり、表1に示す断面性能を有している。

2. 鋼矢板の発展の歴史

わが国の鋼矢板利用の始まりは、1903年の三井本館の土留め工事とされている¹⁾。その後、1923年に関東大震災の災害復旧のため世界各国から大量の鋼矢板が輸入され、港湾や河川を急速に復旧したのが鋼矢板工法の新画期とされ、これを契機に昭和初期には毎年数万トンの鋼矢板が輸入されるようになった。

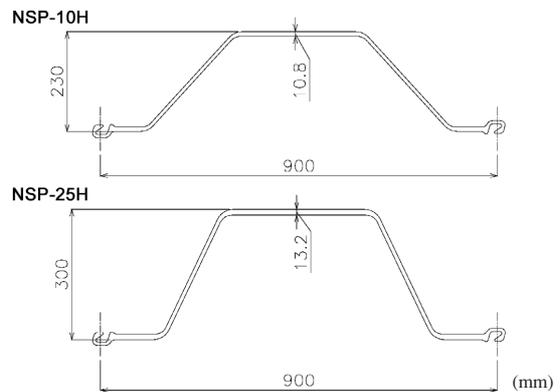


図1 ハット形鋼矢板900の形状、寸法
Profile of Hat Type Sheet Pile 900

一方、官営八幡製鐵所が、1929年に鋼矢板国産化着手、1931年に製造、販売を開始し、これ以降、鋼矢板の輸入量は減少して国内生産の鋼矢板が主流となった。その後、大量生産可能な圧延技術及び設計施工に関わる利用技術等の開発を進め、また、経済成長に後押しされる形で、1970～1980年代の鋼矢板需要量は年間100万トン

^{*(1)} 建材開発技術部 土木基礎建材技術グループ マネジャー
東京都千代田区大手町2-6-3 〒100-8071 TEL:(03)3275-7239

^{*(2)} 建材開発技術部 土木基礎建材技術グループ グループリーダー

^{*(3)} 東北支店 建材グループ

^{*(4)} 鉄鋼研究所 鋼構造研究開発センター 主幹研究員

^{*(5)} 人事・労政部 マネジャー(オーストラリアへ留学中)

^{*(6)} 建材営業部 形鋼・スパイラル鋼管技術グループ グループリーダー

^{*(7)} 環境・プロセス研究開発センター 圧延研究開発部 主幹研究員

^{*(8)} 堺製鐵所 形鋼部 マネジャー

表1 ハット形鋼矢板900の断面性能
Sectional properties of Hat Type Sheet Pile 900

Type	Dimension			Properties per meter of wall			
	Effective width	Effective height	Thickness	Sectional area	Moment of inertia	Section modulus	Unit mass
	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	kg/m
NSP-10H	900	230	10.8	112.2	10 500	902	96.0
NSP-25H	900	300	13.2	160.4	24 400	1 610	126



写真1 ハット形鋼矢板900
Hat Type Sheet Pile 900

超えるに至った。近年では、社会資本整備率の向上等に伴い需要量は減少し、年間60万トン前後で推移している。

官営八幡製鐵所の鋼矢板国产化着手から80年近くが経過するが、その間、400mm幅のU形鋼矢板が主として用いられてきた。1997年に厳しい国家財政状況等を背景として、建設省において“公共工事コスト縮減対策に関する行動計画”²⁾が策定された。これ以降、建設工事コスト縮減は社会的要請となっており、600mm幅のU形鋼矢板である“広幅鋼矢板”を開発し、1997年に製造、販売を開始した。これにより河川・港湾工事を中心とした永久構造物の本体壁に利用される鋼矢板は、400mm幅のU形鋼矢板に代わって広幅鋼矢板が主流となった。しかし、さらなる建設コスト縮減への対応及び主用途で

ある河川・港湾以外への鋼矢板適用による用途多様化への対応等が必要となっており、これに対して、これまでに培った圧延及び施工に関する技術、ノウハウをさらに発展させて、新世代の鋼矢板としてハット形鋼矢板900の開発を進め、2005年に製造、販売を開始した。

3. ハット形鋼矢板900の開発

3.1 ハット形鋼矢板900の形状と特長

ハット形鋼矢板900は、ハット形状の薄肉大断面形状を採用したことにより、優れた施工性の実現、高い構造信頼性の確保、経済性の向上を可能としている。

<優れた施工性の実現>

広幅鋼矢板に比べて鋼矢板1枚当たりの剛性が大きく、地盤中への打込み時での材料変形を抑制し、長尺材の効率的な施工が可能である。

<高い構造信頼性の確保>

図2に示すように、継手が壁体最外縁に位置しているため、鋼矢板単体の中立軸と壁体形成時の中立軸が一致し、U形鋼矢板で考慮していた継手効率(鋼矢板形状及び継手位置に起因する断面性能低減)を考慮しなくてよく、様々な適用条件においても確実に構造性能を発揮できる。

<経済性の向上>

図3に示すように単位壁面積当たりの使用鋼材量が低減するとともに、施工枚数減少による工期短縮、施工費縮減が可能である。また、継手効率を考慮する必要のない効率的な構造設計が可能である。

3.2 施工試験

3.2.1 施工法開発

鋼矢板の施工法には、パイプロハンマ工法、油圧圧入工法が主に

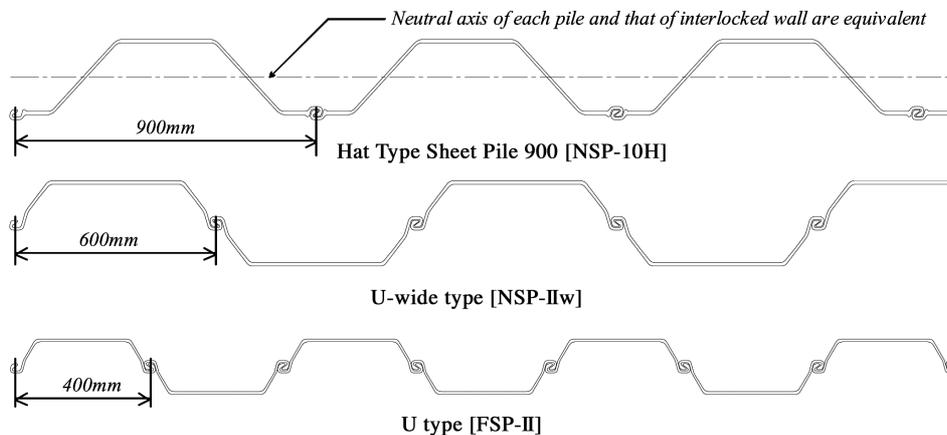


図2 ハット形鋼矢板900とU形鋼矢板の比較
Comparison of Hat Type Sheet Pile 900 and U type sheet pile

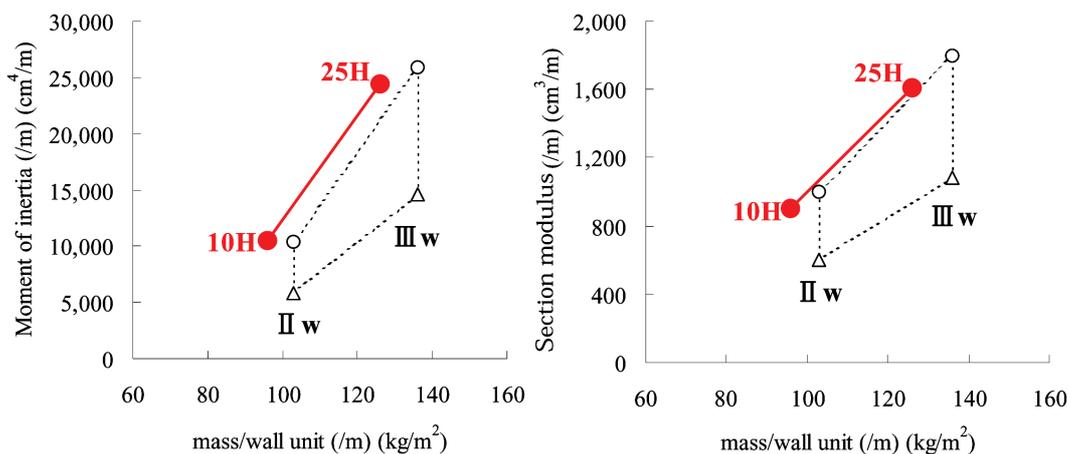


図3 鋼材重量と断面性能の関係
Relationship between steel weight and sectional performance

用いられている。

バイブロハンマ工法(写真2)は、鋼矢板頭部を把持したバイブロ



写真2 バイブロハンマ工法によるハット形鋼矢板900の施工状況
Driven Hat Type Sheet Pile 900 by vibratory driving

ハンマ機が起振し、鋼矢板及び地盤に振動を伝達して鋼矢板を打込む工法である。施工速度が大きく、また硬い地盤等への施工も可能であり、最も普及している打込み工法である。

油圧圧入工法(写真3)は、既に打込んだ鋼矢板の引抜き抵抗力を反力として鋼矢板を静的に地盤中に押し込む工法であり、都市内工事等での低振動・低騒音施工、狭隘地施工等に適した打込み工法である。

ハット形鋼矢板900への対応として、バイブロハンマ工法及び油圧圧入工法とも施工機械の改良がなされている。

図4に示すように、バイブロハンマ工法では、従来のU形鋼矢板では1箇所把持(シングルチャック機構)であるのに対し、大断面を有するハット形鋼矢板900に振動を効率的に伝達させるために2箇所把持機構(ダブルチャック機構)を標準施工仕様とした。バイブロハンマ自体は従来機がそのまま適用でき、鋼矢板把持機構にダブルチャック装置を取り付けるのみで、ハット形鋼矢板900の施工に対応できる。

油圧圧入工法では、図5に示すハット形鋼矢板900の専用機により施工する。油圧圧入機においても、従来のU形鋼矢板では1箇所



写真3 油圧圧入工法によるハット形鋼矢板900の施工状況
Driven Hat Type Sheet Pile 900 by hydraulic jacking method

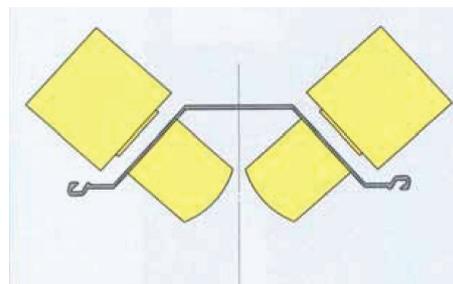


図4 バイブロハンマ工法におけるハット形鋼矢板900の鋼矢板把持方法
Jacking method of vibratory driving for Hat Type Sheet Pile 900

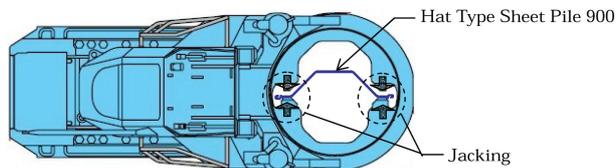


図5 油圧圧入機
Hydraulic jacking machine for Hat Type Sheet Pile 900

把持であったのに対し、大断面を有するハット形鋼矢板900に圧入力を効率的に伝達させるために2箇所把持としている。

3.2.2 バイブロハンマ工法の施工性確認試験

実用化に当たって実施した施工性確認試験⁹⁾のうち、千葉県富津市の新日本製鐵総合技術センター内で実施した試験について述べる。

本試験では、ハット形鋼矢板900は10H、長さ12m、広幅鋼矢板はIIw、長さ12mを用いて、両鋼矢板の施工性を比較した。油圧式可変超高周波型のバイブロハンマ(SR-45)を用いて、ウォータージェットなどによる補助工法を用いないバイブロハンマ単独工法にて施工を行った。鋼矢板の把持は、ハット形鋼矢板900ではダブルチャック装置、広幅鋼矢板ではシングルチャック装置を用いた。

図6に本試験の地盤条件、打設深度1m毎の打設時間及びバイブロハンマの油圧値を示す。地盤はN値10前後の砂質系が主体で深度11m付近からN値30程度である。広幅鋼矢板の方が、1枚当たりの打設時間が若干少ないが、ハット形鋼矢板900は広幅鋼矢板に比べ断面積や周長が1.4倍であること、及びバイブロハンマの油圧値が両鋼矢板で変わらないことを考慮すれば、ハット形鋼矢板900の良好な施工性が確認できたと言える。

3.2.3 圧入工法の施工性確認試験

高知市の(株)技研製作所の高知第二工場内で実施した試験について述べる。本試験では、ハット形鋼矢板900は10H、長さ15m、広幅鋼矢板はIIw、長さ15mを用い、ウォータージェットなどによる補

助工法を用いない圧入単独工法にて施工を行った。

図7に本試験の地盤条件、打設深度1m毎の打設時間及び圧入力を示す。地盤は砂質土、粘性土の互層でありN値10前後である。また、本試験では、打設法線が直線の通常施工に加え、法線を曲線とした場合の施工も実施した(写真4)。曲線施工での継手かん合角度は、ハット形鋼矢板900の標準回転角度の最大値である4度とした。

本試験の施工地盤は硬軟のコントラストが少なかったこともあり、ハット形鋼矢板900、広幅鋼矢板ともほぼ一定の速度で打設できている。打設時間、圧入力とも広幅鋼矢板の方が若干小さいが、



写真4 曲線施工
Curve arrangement

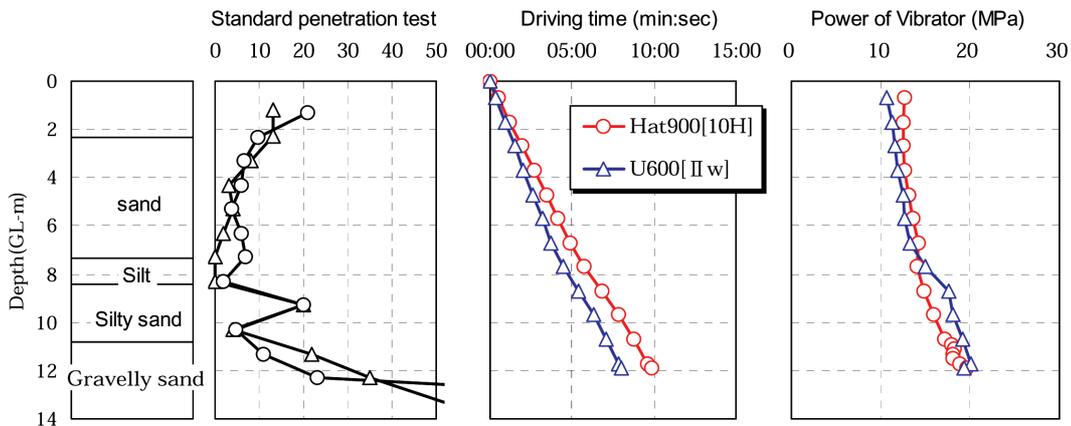


図6 バイブロハンマ工法による施工試験結果
Field test result by vibratory driving

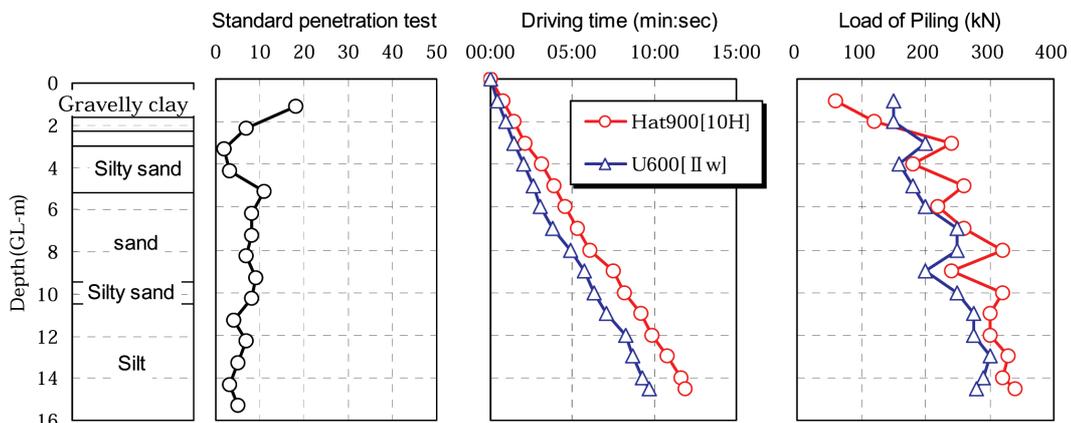


図7 油圧圧入工法による施工試験結果
Field test result by hydraulic jacking method

ハット形鋼矢板900が大断面であることを考慮すれば、良好な施工性が確認できたと言える。

3.3 曲げ試験

ハット形鋼矢板900の曲げ抵抗特性を評価するために、10Hを対象に実施した単体(1枚)及び壁体(2枚かん合)による曲げ試験での荷

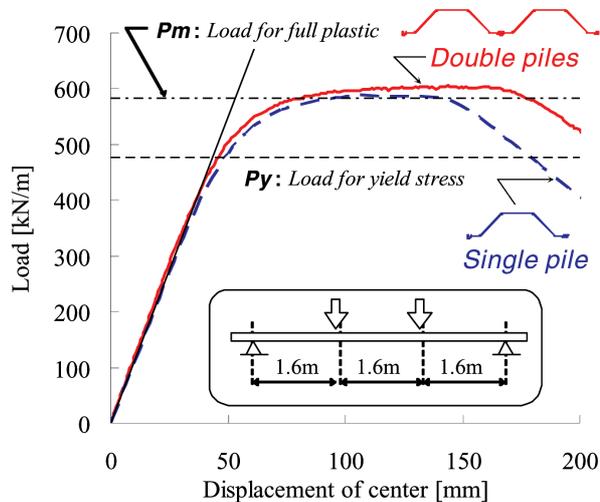


図8 4点曲げ試験結果
Result of four-point bending tests

重～変位関係を図8に示す。図8の縦軸は鋼矢板壁幅1m当りに換算した荷重である。材料試験から算定される降伏荷重までは理論値どおりの荷重～変位関係が成り立っており、さらに、薄肉大断面でありながら、全塑性荷重に達するまで局部屈服を生じず十分な塑性変形性能が確認できている。また、壁体での曲げ試験でも単体の場合と同等の荷重～変位関係を得ることができ、ハット形鋼矢板900では継手効率を考慮する必要がないことを曲げ試験においても確認している。

3.4 止水性確認試験

ハット形鋼矢板900の止水性確認試験は、継手部が無処理の場合及び継手部に遮水材を塗布した場合³⁾のそれぞれで実施しているが、ここでは継手部が無処理の場合の止水性確認試験について述べる。本試験では、ハット形鋼矢板900：10Hと、広幅鋼矢板：IIwを用いた。図9に示すように、ハット形鋼矢板900と広幅鋼矢板を対面させて矩形に圧入施工した後に深さ2.5mまで土砂を掘削して継手部からの漏水状況を観察した。鋼矢板継手部の漏水量は、周辺の土質性状(透水性、粒度分布等)、水頭差及び継手のかん合状況等によって影響を受けるため、本試験のみでハット形鋼矢板900の継手部の止水性を総合的かつ定量的に評価することは困難であるが、図10に示すように、両鋼矢板の相対比較においては、本試験での漏水状況に有意差はなく、ほぼ等価な止水性を有していると考えられ

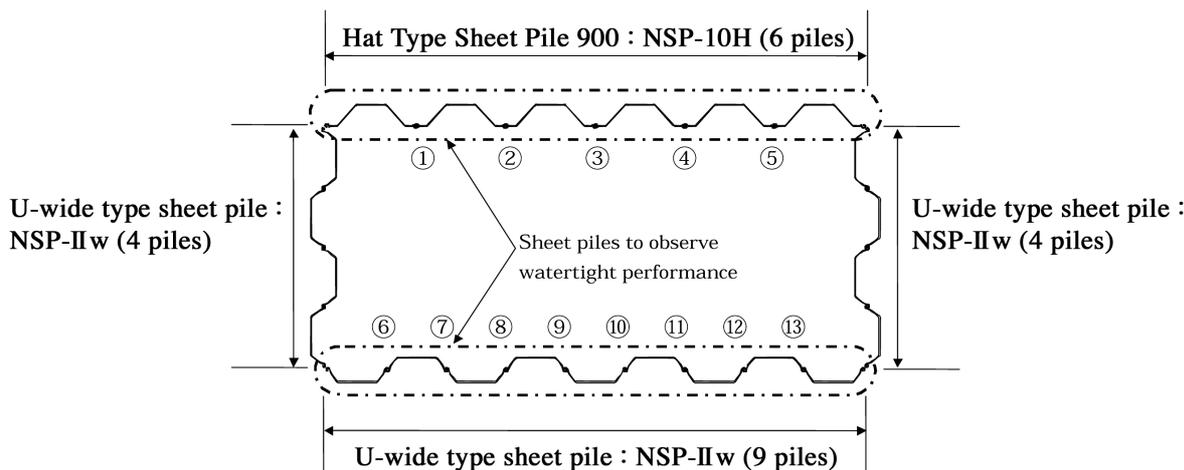


図9 止水性確認試験鋼矢板配置図
Sheet pile arrangement of field test to observe watertight performance

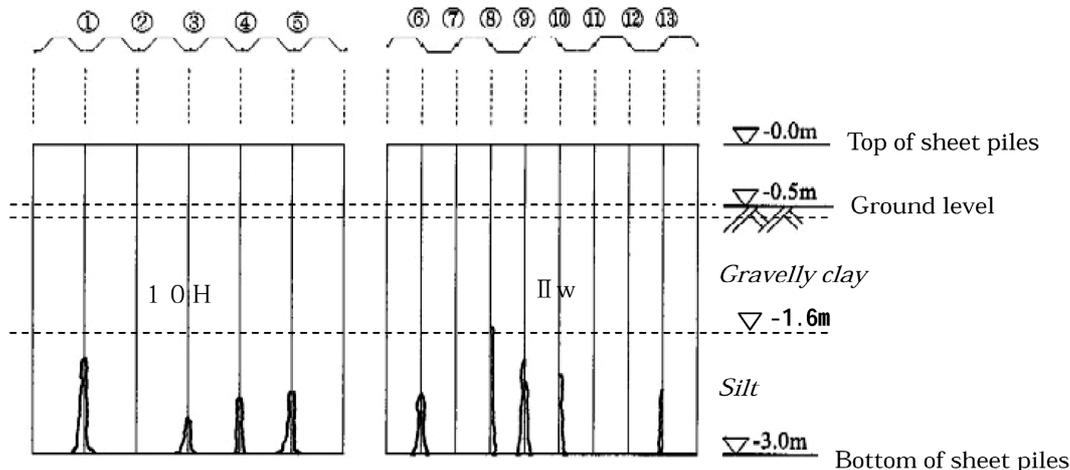


図10 地下水浸み出し状況(継手部無処理)
Groundwater leakage (without treatment for the interlocking section of sheet piles)

る。

3.5 継手引張試験

ハット形鋼矢板900の継手引張強度を確認するために、鋼矢板長手方向で100mmの試験体を用いて、標点間距離100mmとして変位計測し、材料破断もしくは継手離脱するまで载荷した³⁾。最大荷重の3試験体平均は、10Hで62.6kN、25Hで72.6kNとなり、いずれのケースも継手部が開いて離脱した。過去に実施したU形鋼矢板の最大荷重は50kN程度であり、同程度の継手強度があることを確認した。

4. ハット形鋼矢板900のプロジェクト適用

2005年に製造、販売を開始し、まず、主として国土交通省のパイロット事業で採用され、実現場においても建設工事コスト縮減、工

期短縮等の効果を発揮した。さらに、これらの採用実績から、2006年度のハット形鋼矢板900の採用は急増している³⁾。また、ハット形鋼矢板900の適用初期には、各施工現場で検証、調査がなされており、その適用状況を以下に示す。

【施工事例1】⁴⁾

鋼矢板仕様：10H、長さ6.5m

施工時期：2005年

施工方法：パイプロハンマ工法(油圧式可変超高周波型)

適用状況：ハット形鋼矢板900の採用により、従来工法の広幅鋼矢板に比べて鋼重が低減し、材料費の縮減を図ることができた。

【施工事例2】⁵⁾

鋼矢板仕様：10H、長さ11m

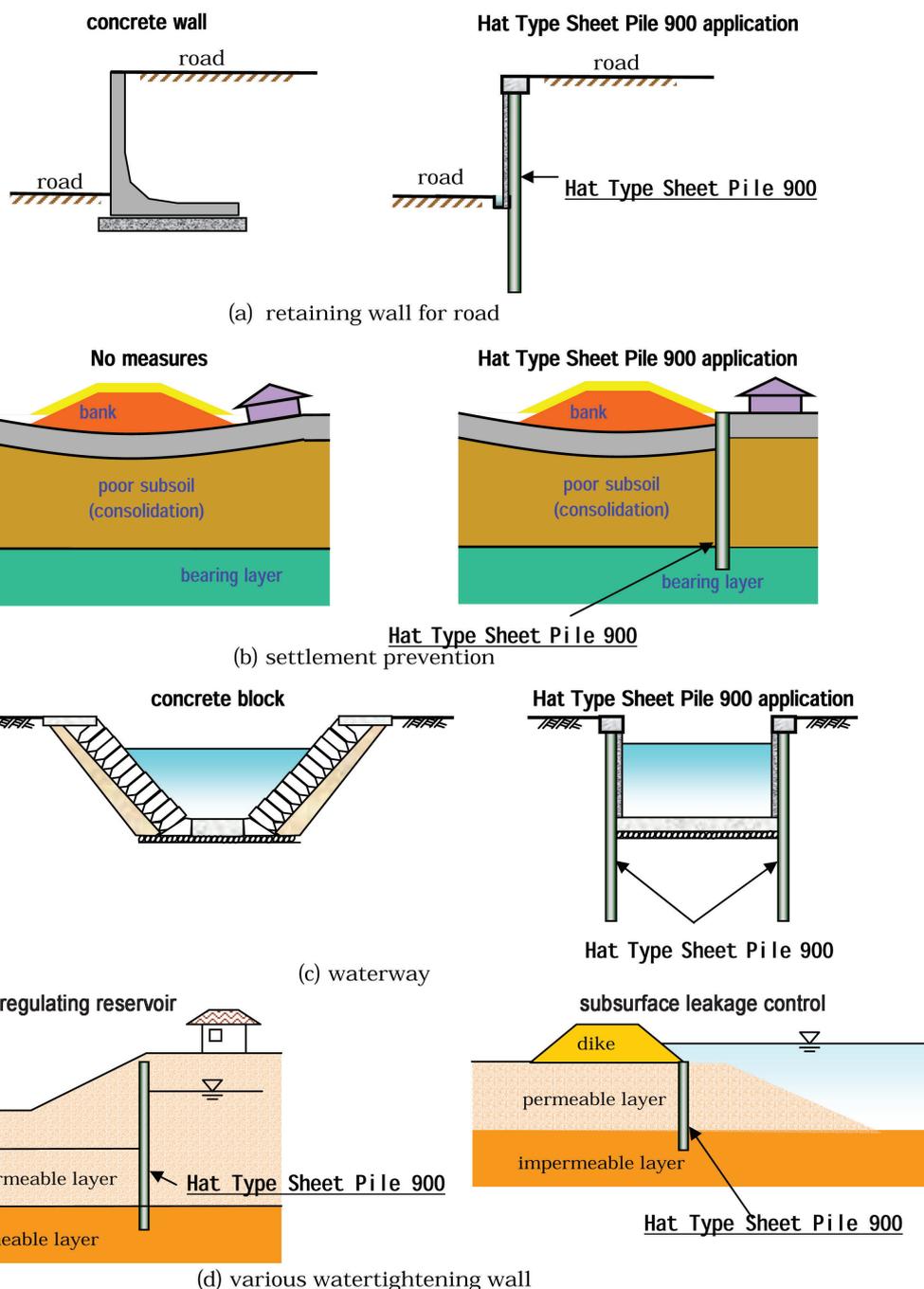


図11 ハット形鋼矢板の用途
Application of Hat Type Sheet Pile 900

施工方法：バイプロハンマ工法(油圧式可変超高周波型)

施工時期：2005年

適用状況：適用件数が少ない時期であったため、本工事に先立って、ハット形鋼矢板900(10H, 25H), 広幅鋼矢板(Ⅱw, Ⅲw)を用いた試験工事を実施し、施工時間及び振動騒音等を計測した。試験工事の結果から、本工事(施工延長450m)では10Hを採用し、従来の広幅鋼矢板に比べ材料費、施工費の縮減及び工期短縮効果が確認できた。

【施工事例3】⁶⁾

鋼矢板仕様：10H, 長さ9.5m

施工方法：バイプロハンマ工法(油圧式可変超高周波型)

施工時期：2005年

適用状況：従来の広幅鋼矢板に比べ、材料費等で経済性が向上した。工期短縮効果は若干であった。四国地区初採用物件であり、汎用性が上がれば、一層の工期短縮、コスト縮減の可能性がある。

【施工事例4】⁷⁾

鋼矢板仕様：10H, 長さ11m

施工方法：バイプロハンマ工法(油圧式可変超高周波型)

施工時期：2005年

適用状況：ハット形鋼矢板900の使用により、施工枚数が低減してコスト縮減が図られた。

上記の施工事例は、ハット形鋼矢板900の適用初期で施工機準備台数の少なかった段階での事例であるが、現状では採用実績の増加に伴い施工機械の普及も進んでいる。また、ハット形鋼矢板900のバイプロハンマ施工については、“平成19年度版 国土交通省土木工事積算基準”⁸⁾に記載され、これまで新工法としての採用から、今後

は標準工法としての採用に移行することによりさらなる普及拡大が見込まれる。

5. おわりに

ハット形鋼矢板900は、鋼矢板の製造技術と、設計、施工に関する利用技術を結集して開発した建材商品である。河川護岸、港湾岸壁等の従来用途への適用とともに、図11に示すような道路擁壁、地盤沈下対策のための応力遮断壁、水路壁、止水壁等の様々な用途への適用が可能である。これらハット形鋼矢板900の普及促進により、コスト縮減、工期短縮等に幅広く貢献していきたい。

謝 辞

施工機及び施工法開発にあたり、調和工業(株)及び(株)技研製作所の関係者の方々に多大なるご助力をいただき、ここに感謝の意を表する。

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) 建設省:公共工事コスト縮減対策に関する行動計画.1997
- 3) 新世代鋼矢板 ハット形鋼矢板900技術資料.第2版.東京,鋼管杭協会,2006
- 4) 平成17年度における国土交通省の「公共事業コスト構造改革」実施状況について.平成17年度取組み事例(概要).国土交通省,2006
- 5) 見田弘幸ほか:ハット型鋼矢板の施工事例と問題点.平成18年度北陸地方整備局管内事業研究会,2006
- 6) 松本光央:吉野川災害復旧工事について.四国技報.6(11),香川県牟礼町,国土交通省四国地方整備局,2006
- 7) 平成17年度における国土交通省九州地方整備局の「公共事業コスト構造改革」実施状況について.国土交通省九州地方整備局,2006
- 8) 平成19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,2007