

## 技術論文

## ハット形鋼矢板のラインナップ拡充 (NS-SP-45H・50H)

## Line-up Expansion of Hat-type Steel Sheet-pile (NS-SP-45H・50H)

乙志和孝* Kazutaka OTSUSHI	原田典佳 Noriyoshi HARATA	西山輝樹 Teruki NISHIYAMA	鈴木崇 Takashi SUZUKI
片岡直人 Naoto KATAOKA	横林秀幸 Hideyuki YOKOBAYASHI	山下浩 Hiroshi YAMASHITA	三浦洋介 Yousuke MIURA

## 抄 録

新日鉄住金(株)は、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、経済性に優れた次世代鋼矢板としてハット形鋼矢板の普及拡大に取り組んでいる。ハット形鋼矢板は、従来10H、25H型(Ⅱw・Ⅲw型相当)の2サイズのみであったが、より高い断面性能を有する45H、50H型(Ⅳw・ⅤL型相当)を開発し、2014年より製造、販売開始することでハット形鋼矢板のラインナップ強化を実現した。45H、50H型の製品概要・特徴に加え、施工性、周辺技術および普及に向けた取り組みとプロジェクト適用状況について報告した。

## Abstract

Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation have worked on development in “Hat-type steel sheet pile” as a new generation steel sheet pile improved drivability, higher structural reliability, and more economical merit compared with traditional U-type steel sheet pile. Hat-type steel sheet pile was only 2 sizes of 10H and 25H, but we conducted size addition of 45H and 50H developed as the higher sectional properties, and have released in the market since 2014. In this report, the products outline, feature, construction ability, related technologies and projects condition of 45H and 50H are introduced.

## 1. 緒 言

わが国の鋼矢板は、官営八幡製鉄所が1929年に鋼矢板国産化に着手、1931年に製造、販売を開始して以来、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。大量生産可能な圧延技術およ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100万トンを超えるに至った。その後、社会資本整備率の向上と公共投資額の漸減に伴い需要量は減少しつつも東北震災復興、全国防災・減災事業への適用が進められ、近年は年間60万トン前後で推移している。

官営八幡製鉄所の鋼矢板国産化着手から85年近くが経過するが、その間、建設コスト縮減の社会的ニーズを受けて、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形鋼矢板から600mm幅のU形鋼矢板(広幅鋼矢板)が主流となった。その後、更なる建設コスト縮減および主用途である河川、港湾以外への

用途多様化が求められるようになった。それらに対応すべく、U形鋼矢板に対して優れた施工性、構造信頼性、経済性を有する鋼矢板として、当時の新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)、JFEスチール(株)の3社共同開発を経て、2005年より有効幅900mmのハット形鋼矢板の製造、販売を開始している。

## 2. ハット形鋼矢板45H、50Hのサイズ追加

ハット形鋼矢板は、有効幅が900mmの大断面で、嵌合継手の位置を壁体の最外縁部に配置し両継手を左右非対称とした形状である。また、形状、寸法許容差、化学成分、機械的性質はJIS A 5523(溶接用熱間圧延鋼矢板)に準拠している。2014年にサイズを追加した45H・50H型もこれらのハット形鋼矢板の断面の特徴および品質を踏襲している。45H、50Hの断面図、断面諸元、および機械的性質を図1、表1、および表2に示す。

ハット形鋼矢板は優れた施工性、構造信頼性、経済性を有する一方で、壁体としての断面性能から見ると、従来の

IIw, IIIw 型に相当する 10H, 25H 型のみであったことから、同一工事内にハット形鋼矢板と U 形鋼矢板が混在する場合には、施工機械の入れ替えや異形矢板が必要になる等、需要家視点から見たサイズラインナップの不足が課題であった。そこで、従来の IVw, VL 型に相当する 45H 型、

50H 型をサイズ追加することにより、本設構造物のほぼ全てをハット形鋼矢板で網羅できるラインナップ体制を構築した。このラインナップ拡充により、幅広い領域でハット形鋼矢板の優れた施工性、信頼性、経済性の発揮を可能とした。

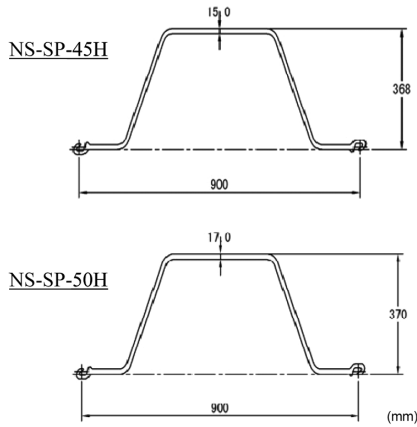


図1 ハット形鋼矢板の形状、寸法  
Profile of hat-type sheet pile

表1 ハット形鋼矢板の断面性能  
Sectional properties of hat-type steel sheet pile

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 <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(kg/m)
NS-SP-10H	900	230	10.8	122.2	10500	902	96
NS-SP-25H	900	300	13.2	160.4	24400	1610	126
NS-SP-45H	900	368	15.0	207.8	45000	2450	163
NS-SP-50H	900	370	17.0	236.3	51100	2760	186

表2 ハット形鋼矢板の機械的性質 (JIS A 5523)  
Mechanical properties of hat-type steel sheet pile (JIS A 5523)

Standard	Yield stress (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile stress (N/mm <sup>2</sup> )	Test piece standard	Elongation (%)
SYW295	295 (over)	450 (over)	1A	18 (over)
			14B	24 (over)
SYW390	390 (over)	490 (over)	1A	16 (over)
			14B	20 (over)
SYW430	430 (over)	510 (over)	1A	14 (over)
			14B	19 (over)

### 2.1 優れた施工性の実現

ハット形鋼矢板は、継手近傍に平坦部を設け、部材一枚あたりの剛性を高くして施工時における土中での部材変形を抑制し、さらに、継手嵌合時に隣り合う部材の向きを揃えたことにより、施工時の部材の変形モードを一致させ、継手の競りによる貫入抵抗を抑制し、大断面でありながら優れた施工性を有している。45H・50H 型の投入により、さらに長尺施工も可能となった。

### 2.2 高い構造信頼性の実現

図2に示すように、継手が壁体最外縁に位置するため、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（鋼矢板形状および継手位置に起因する断面性能低減）を考慮する必要がなく、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。

### 2.3 優れた経済性の実現

図3に示すように、U 形鋼矢板に比べて鋼矢板壁、単位壁面積あたりの鋼材重量が低減されるとともに、図2に示

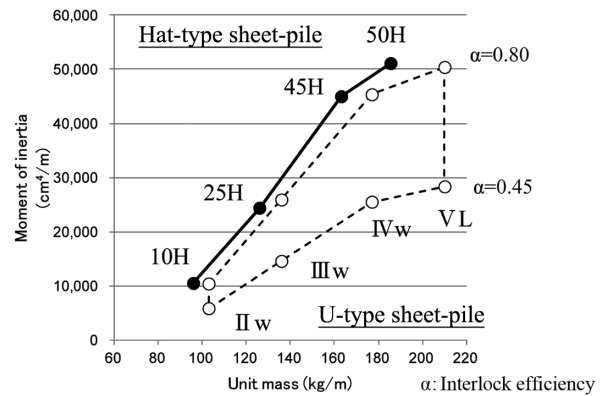


図3 鋼材重量と断面性能の関係  
Relationship between steel weight and sectional performance

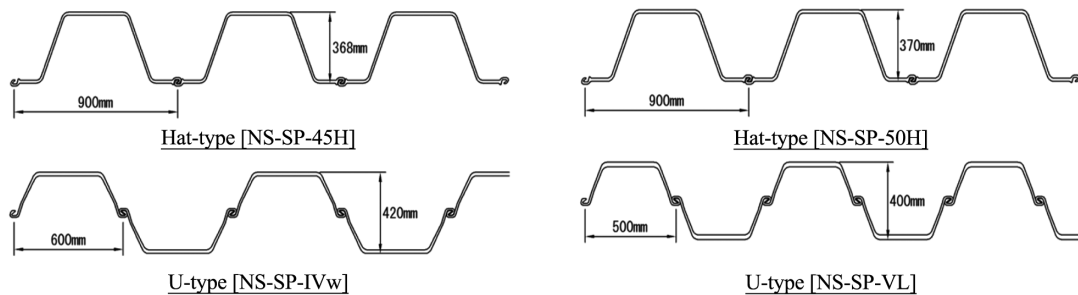


図2 ハット形鋼矢板と U 形鋼矢板の比較  
Comparison of hat-type sheet pile and U-type sheet pile

すように、有効幅を 900mm としたことにより施工枚数を広幅鋼矢板と比べて削減でき、工期短縮による建設コスト縮減を可能とした。

### 3. 施工法の開発

鋼矢板の施工法には、バイブロハンマ工法、油圧圧入工法が主に用いられている。それぞれの工法の概要とハット形鋼矢板への対応を以下に示す。

#### 3.1 バイブロハンマ工法

バイブロハンマ工法(写真1)は、鋼矢板頭部を把持したバイブロハンマ機が起振し、鋼矢板および地盤に振動を伝達して鋼矢板を打ち込む工法である。施工速度が速く、また硬い地盤への施工も可能である。

写真1に示すように、バイブロハンマ工法については、従来のU形鋼矢板では矢板ウェブ部の1箇所把持(シングルチャック機構)であるのに対し、大断面であるハット形鋼矢板では振動を効率的に伝達させるために矢板フランジ部の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。バイブロハンマ本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の施工に対応できる。ハット形鋼矢板のフランジ角度については、10H~50Hの型式毎に異なるため、写真1に示す45H、50H型向け専用ダブルチャックを開発した。

#### 3.2 油圧圧入工法

油圧圧入工法(写真2<sup>2)</sup>)は、既に打ち込んだ鋼矢板の

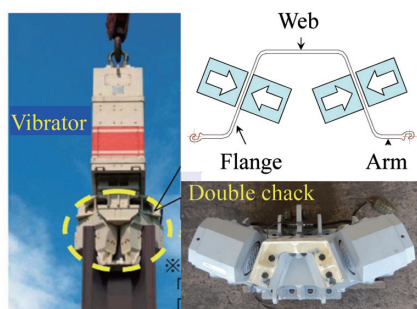


写真1 バイブロハンマ工法による施工状況  
Driven hat-type sheet pile by vibratory driving

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施工法である。

油圧圧入工法では、写真2に示すハット形鋼矢板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形鋼矢板では矢板ウェブ部の1箇所把持であったのに対し、大断面であるハット形鋼矢板では圧入力を効率的に伝達させるために矢板アーム部の2箇所把持としている。圧入機については、ハット形鋼矢板10H~50Hの型式に左右されずにアーム部を把持できる形状であるため、これまでのハット形鋼矢板専用機での施工が可能である。また、ウォータージェット補助工法の適用範囲(N>50)を超えるような硬質地盤に対しても、写真3<sup>2)</sup>に示すオーガを併用した圧入施工が可能となる施工機を開発を実現したことで、より広範囲

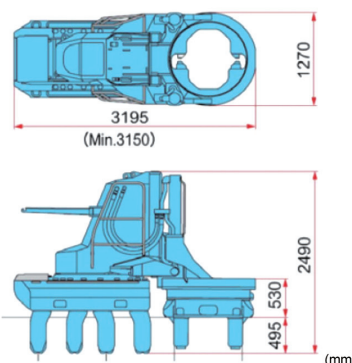


写真2 油圧圧入工法による施工状況<sup>2)</sup>  
Driven hat-type sheet pile by hydraulic jacking method

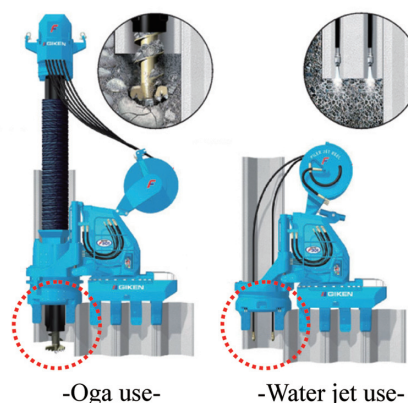


写真3 硬質地盤対応時の圧入施工法<sup>2)</sup>  
Hydraulic jacking method against hard foundation



写真4 ノンステーキング圧入工法<sup>2)</sup>  
Driven hat-type sheet pile by hydraulic jacking method

の地盤条件への打設が可能となった。

施工スペースに制約がある等、クレーンの設置が困難な場合には、(株)技研製作所にて開発のノンステーキング圧入工法が対応可能である(写真4<sup>2)</sup>)。これは、圧入機に加え、材料を建て込むクレーンも既打設の矢板の上を移動することができ、材料置き場(ヤード)と圧入機まではパイルランナーと呼ばれる運搬機が同じく既打設の矢板の上を移動する画期的な工法である。ハット形鋼矢板の普及にあわせて、ハット形鋼矢板全型式で適用可能な工法として確立した。

#### 4. 施工性確認試験

実用化にあたり事前に実施した、1)千葉県富津市の新日鐵住金総合技術センター内でのバイブロハンマ工法と、2)技研製作所高知本社内および新日鐵住金総合技術センター(同上)での圧入工法の施工性確認試験について記載する。

##### 4.1 バイブロハンマ工法の施工性確認(富津)

本試験において、ハット形鋼矢板はNS-SP-45H、50Hともに長さ(L)=12.0m、25.0mを、広幅鋼矢板はNS-SP-IVw L=12.0m、25.0mを用い、それぞれの施工性を比較した。施工は、油圧式(SR-45)および電動式(60kW級、90kW級)のバイブロハンマを用いて、ウォータージェット補助工法有/無とした。鋼矢板の把持は、ハット形鋼矢板ではダブルチャック装置を、広幅鋼矢板ではシングルチャック装置を用いた。写真5に打設状況を、図4に本試験の地盤条件と打設深度1m毎の打設時間を示す。なお、バイブロハンマ単独工法はN値50を超えるまでとし(12.0m材料適用)、より硬質な地盤への打設についてはウォータージェット補助工法を併用し打設性を検証した。

1枚当たりの打設時間では広幅鋼矢板の方が若干短いケースもあるが、ハット形鋼矢板の1枚当たりの有効幅は広幅鋼矢板の1.5倍を有していることから、同一施工延長として見た場合の打設時間はハット形鋼矢板の方が短く工期短縮に寄与することができる。



写真5 打設状況(バイブロハンマ工法)  
Condition of vibratory driving

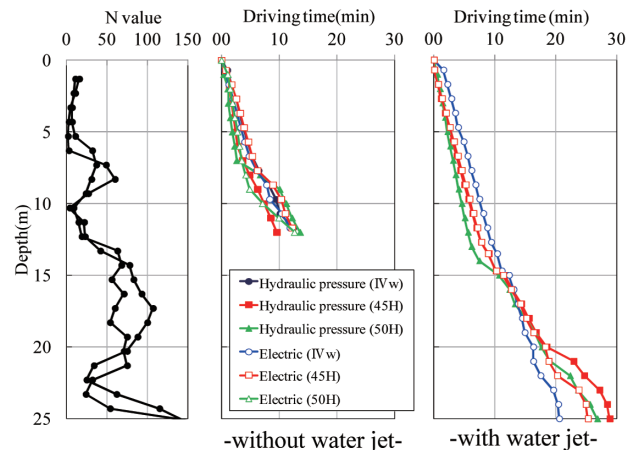


図4 打設試験結果(バイブロハンマ工法)  
Test results of vibratory driving



写真6 打設試験結果(圧入工法)  
Condition of hydraulic jacking driving

##### 4.2 圧入工法の施工性確認(高知, 富津)

本試験では、ハット形鋼矢板はNS-SP-45H、50HともにL=12.0m、15.0mを、広幅鋼矢板はNS-SP-IVw L=12.0m、15.0mを用い、それぞれの施工性を比較した。施工は、油圧式圧入機を用いて、ウォータージェット補助工法有/無の比較も実施した。写真6に打設状況を、図5に本試験の地盤条件と打設深度1m毎の打設時間を示す。

本試験では、ハット形鋼矢板およびU形鋼矢板の一部の施工深度で打設時間に差異が生じているが、概ね打設時間は変わらなかった。これは先述のとおり、同一施工延長として見た場合の打設時間はハット形鋼矢板の方が短縮できていることを示しており、工期短縮に伴う建設コスト縮

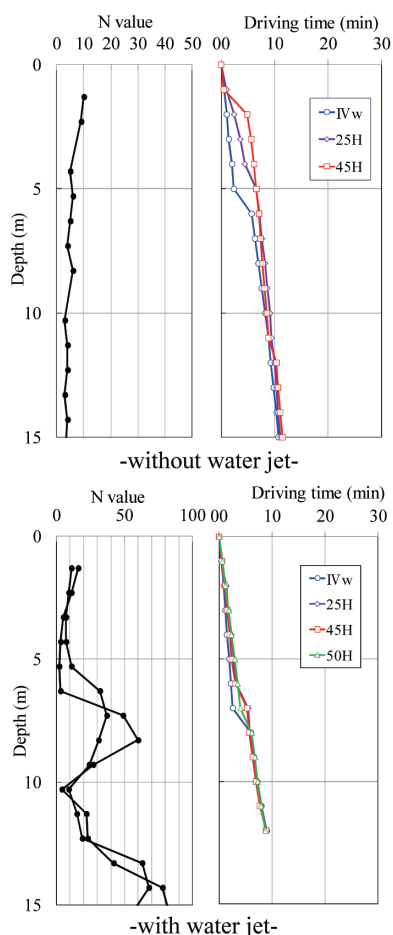


図5 打設試験結果 (圧入工法)  
Test results of hydraulic jacking driving

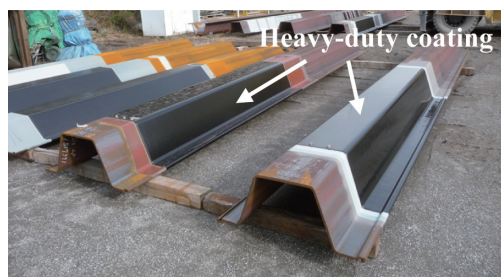


写真7 重防食鋼矢板  
Hat-type sheet pile protected by heavy-duty coating



写真8 ハット形鋼矢板プレキャスト型頭部被覆工<sup>3)</sup>  
Precast concrete cooping of hat-type steel sheet pile



写真9 河川護岸への適用例  
Applied for river revetment

減に貢献するものと言える。また、同一機械でハット形鋼矢板全型式が圧入できることを確認するため、10H～45H型を連続して打設した結果(写真6)、継手の嵌合性もよく問題なく施工できた。

## 5. 周辺技術整備

### 5.1 重防食塗装対応

港湾・海洋構造物は海水に接し、潮位の変動や波しぶきを受けるといった環境下にあることから、施設を適切に維持管理し、長期にわたり活用していくためには鋼材の腐食を抑制することが必要となる。そこで、写真7に示すように、工場でウレタンエラストマーを被覆して防食機能を付与するハット形鋼矢板45H、50H型に対応可能な重防食鋼矢板の製造体制を整備し、実用に供している。

### 5.2 高強度 SYW430 規格の市場投入

先般の東北地方太平洋沖地震以降、海岸保全施設および河川堤防等の液状化対策、津波対策のニーズが全国的に高まっており(特に、南海トラフ地震対応としての東海～九州太平洋沿岸域)、鋼矢板法尻対策、二重鋼矢板堤防の需要が増加している。本分野では大きな作用力に抵抗し得る高い耐力が必要とされる傾向にあることからより高強度

な材料が望まれる。そこで、JIS A 5523 (2012)にも記載の高強度規格(SYW430)への対応も可能としており、更なるハット形鋼矢板の普及を促進する。

### 5.3 プレキャスト型頭部コンクリート被覆

ハット形鋼矢板は頭部拘束の有無に関わらず、継手効率による断面性能の低減が不要であるが、壁体としての景観面から頭部をコンクリート被覆することが多い。そこで、コンクリート被覆に要する工期の短縮を目的に、共和コンクリート工業(株)にてハット形鋼矢板全型式に適用可能なプレキャストタイプの頭部被覆ブロックが開発されている(写真8<sup>3)</sup>)。

## 6. 適用事例

2005年の製造、販売開始以降、ハット形鋼矢板は本設構造物としての港湾工事、河川工事(写真9)や仮設構造物としての土留め壁、止水壁等に幅広く用いられてきた。鋼矢板の靱性、強度に優れる材料特性や都市部等でも比較的容易に打設ができる施工特性を活かし、道路擁壁(写真



写真 10 道路擁壁への適用例  
Applied for retaining wall



写真 11 河川護岸 (防潮堤) 適用状況 2)  
Condition of application for river revetment

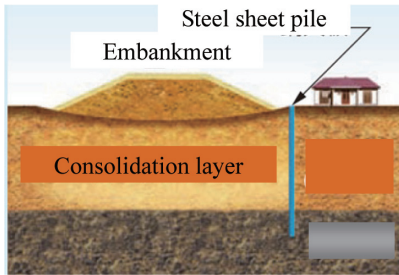


図 6 沈下対策 (応力遮断壁) への適用  
Applied for mitigation of embankment settlements



写真 12 道路擁壁適用状況  
Condition of application for retaining wall

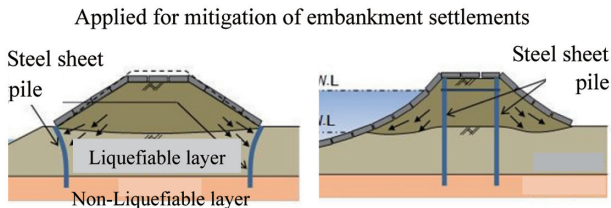


図 7 海岸・河川堤防補強への適用  
Applied for coastal/river dykes reinforcement



写真 13 仮設土留め適用状況  
Condition of application for temporary retaining wall

10)、軟弱地盤上への築堤時の応力遮断壁 (図6) 等の新規市場での採用も着実に増えている。特に、東北地方太平洋沖地震以降、想定地震動の巨大化 (液状化範囲の拡大) や津波に対する対策として、鋼矢板を堤体の法尻に設置する堤体抑制や、堤体法肩に鋼矢板を2列設置し、地震・津波作用時に堤防機能を保持する海岸・河川堤防補強 (図7) での需要が高まっており、NS-SP-45H, 50H を活用した技術提案を継続する。

ハット形鋼矢板 NS-SP-45H, 50H の適用例を以下に示す。

施工事例 1 河川護岸 (防潮堤) 用途 (写真 11<sup>2)</sup>)

鋼矢板仕様: NS-SP-45H L=16.0m

施工時期: 2015年02月

施工方法: 圧入施工

施工事例 2 道路擁壁用途 (写真 12)

鋼矢板仕様: NS-SP-45H L=10.0m

施工時期: 2015年02月

施工方法: 圧入施工 (硬質地盤対応)

施工事例 3 仮設埋殺し土留め用途 (写真 13)

鋼矢板仕様: NS-SP-45H L=14.5m

NS-SP-50H L=20.0m

施工時期: 2014年09月

施工方法: バイプロハンマ工法

施工事例 4 堤防対策用途 (写真 14)

鋼矢板仕様: NS-SP-45H L=14.0m

施工時期: 2014年10月

施工方法: 圧入工法 (硬質地盤対応)

## 7. 結 言

ハット形鋼矢板は、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製品であり、45H, 50H 型の投入によりほぼ本設需要を網羅できるラインナップが整った。今後は、幅広い分野で建設コスト縮減、工期短縮等に繋がる技術提案を進め、ハット形鋼矢板の普及を



写真 14 堤防対策適用状況  
Condition of application for levee

促進することで全国的なインフラストラクチャ整備に貢献したい。

### 謝 辞

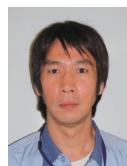
施工機および施工法の開発では調和工業(株)および(株)技研製作所、プレキャスト型頭部コンクリート被覆工の開発では共和コンクリート工業(株)、重防食塗装に関しては日鉄住金防蝕(株)の関係者の方々に多大なるご助力を頂きましたこと、ここに感謝の意を表します。

### 参照文献

- 1) 原田典佳, 龍田昌毅, 黒澤辰昭, 西海健二, 妙中真治, 若月輝行, 三浦洋介, 江田和彦: 新日鉄技報. (387), 10-16 (2007)
- 2) (株)技研製作所ホームページ
- 3) 共和コンクリート工業(株)ハットブロックカタログ



乙志和孝 Kazutaka OTSUSHI  
建材事業部 建材開発技術部  
土木基礎建材技術第二室 主幹 博士(工学)  
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



片岡直人 Naoto KATAOKA  
和歌山製鉄所 形鋼部  
形鋼技術・管理室 主幹



原田典佳 Noriyoshi HARATA  
建材事業部 建材開発技術部  
土木基礎建材技術第二室長



横林秀幸 Hideyuki YOKOBAYASHI  
和歌山製鉄所 形鋼部  
形鋼技術・管理室



西山輝樹 Teruki NISHIYAMA  
新潟支店 建材室 主幹



山下 浩 Hiroshi YAMASHITA  
プロセス研究所 圧延研究部  
首席主幹研究員



鈴木 崇 Takashi SUZUKI  
東北支店 建材室 主査



三浦洋介 Yousuke MIURA  
プロセス研究所 圧延研究部  
主幹研究員