

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol. 32(2000) No.3

21 世紀のインフラを支える形鋼

Steel Section Products for Current and 21st Century Social Infrastructure Applications

今村 晴幸(Haruyuki Imamura) 林 宏之(Hiroyuki Hayashi) 木村 保(Tamotsu Kimura)

要旨：

21 世紀を間近に控えた約 10 年間に、川崎製鉄では形鋼製造分野で多くの新製品を開発した。建築分野では外法一定 H 形鋼を世界で初めて実機化し、さらにウェブ高さ 1 000 mm シリーズなど川崎製鉄独自の大 H サイズの開発を行った。極厚 H では TMCP 鋼や大断面サイズの開発を行い業界をリードしてきた。土木分野では K ドメール、広幅鋼矢板、REED 工法を開発し公共事業費縮減へ貢献している。これらの開発経緯を述べ、今後の技術動向を展望する。

Synopsis：

In these ten years just before the 21st century, Kawasaki steel has developed many new products and methods for both architectural and civil construction uses. For building construction, fixed outer dimension H-shapes and TMCP heavy H-shapes have been developed to optimize the design of steel structures. High rigid steel wall known as "K-Domeru", new type wide sheet piling with 600 mm width and new steel structure known as "REED" construction method have been developed to contribute to the reduction of the public investment. In this report, the details of new products, methods and prospects for the future in those fields are described.

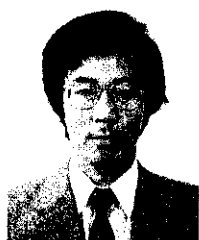
(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Steel Section Products for Current and 21st Century Social Infrastructure Applications



今村 晴幸
Haruyuki Imamura
形鋼セクター室長 兼
棒線営業部 主査(部
長)



林 宏之
Hiroyuki Hayashi
形鋼セクター室 主査
(課長)



木村 保
Tamotsu Kimura
建材センター 技術部
長

要旨

21 世紀を間近に控えた約 10 年間に、川崎製鉄では形鋼製造分野で多くの新製品を開発した。建築分野では外法一定 H 形鋼を世界で初めて実機化し、さらにウェブ高さ 1000 mm シリーズなど川崎製鉄独自の大 H サイズの開発を行った。極厚 H では TMCP 鋼や大断面サイズの開発を行い業界をリードしてきた。土木分野では K ドメール、広幅鋼矢板、REED 工法を開発し公共事業費縮減へ貢献している。これらの開発経緯を述べ、今後の技術動向を展望する。

Synopsis:

In these ten years just before the 21st century, Kawasaki steel has developed many new products and methods for both architectural and civil construction uses. For building construction, fixed outer dimension H-shapes and TMCP heavy H-shapes have been developed to optimize the design of steel structures. High rigid steel wall known as "K-Domeru", new type wide sheet piling with 600 mm width and new steel structure known as "REED" construction method have been developed to contribute to the reduction of the public investment. In this report, the details of new products, methods and prospects for the future in those fields are described.

1 はじめに

21 世紀を直前にひかえて経済・社会の変化は著しく、社会基盤を支える建築、土木分野でも、工事費用の縮減や鋼材の耐震性向上など高品質化が強く要求されてきている。川崎製鉄では 1961 年に国内で初めてユニバーサル方式による H 形鋼の製造を開始して以来、需要家のニーズに合った形鋼製品の開発を進めてきた。ここでは建築・土木の各分野における近年の開発成果を紹介し、今後の方向性を展望する。

2 建築分野の開発製品

2.1 建築市場動向

我が国の建築市場は、バブル経済の崩壊以降大きく減少した。Fig. 1 に建築構造別の着工床面積の推移を示すが¹⁾、現在はこの 10 年で最低の水準近くまで落ち込んでいる。加えて建築主によるコスト縮減要求により建設費も大幅に下落したことから、鋼材へのコストダウンはもとより建設コスト削減につながる新製品開発が求められている。

一方、開裂鋼板や不良鉄骨問題などに対する鉄骨品質適正化の動き、さらにはノースリッジ地震や阪神淡路大震災被害²⁾を反映した建築物の耐震性能向上など、鋼材そのものの品質向上も重要な課題となってきた。当社の建築用形鋼分野では、これらのニーズに応えるため新製品開発に取り組んでおり、特に最近の 10 年間には多くの新製品を開発した。主なものとしては、建築用梁材ではビル

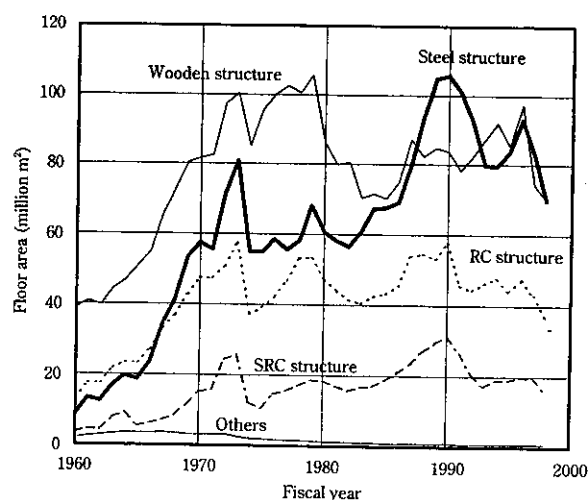


Fig. 1 Trend of total construction floor area of each structure

* 平成12年3月17日原稿受付

トアップ H に替わる外法一定 H 形鋼「スーパーハイスレンド H」を 1989 年に販売開始した。柱材では極厚 H 形鋼の普及に合わせて、TMCP 技術を適用した極厚 H 形鋼「リバータフ」シリーズを 1996 年製品化し、また極厚 H 形鋼としては最大のウェブ高さとなる 700 × 500 シリーズも 1998 年に市場に投入した。これらの概要を以下に述べる。

2.2 外法一定 H 形鋼「スーパーハイスレンド H」

従来の圧延 H 形鋼では圧延技術の制約から、Fig. 2 に示すように内法一定であり施工が良好とは言いがかった。圧延による外法一定 H 形鋼の製造は長年の課題とされていたが、Fig. 3 に示す幅可変ロールを用いたウェブ内幅縮小技術の開発⁹⁾により、異なるフランジ厚であってもウェブ高さが一定の外法一定 H 形鋼が製造可能となった。スーパーハイスレンド H は 1989 年から販売開始され、1993 年にはフランジ幅 350, 400 mm の大 H サイズを追加し、1999 年からは国内最大となるウェブ高さ 1000 mm シリーズを販売開始し需要家の好評を得ている。

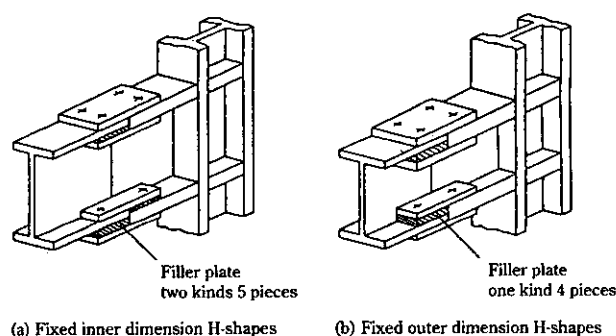


Fig. 2 Comparison of fixed outer dimension H-shapes with conventional H-shapes

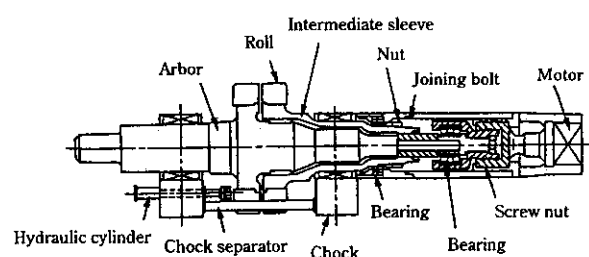


Fig. 3 Adjustable width roll for finishing universal mill

2.3 TMCP 型極厚 H 形鋼「リバータフ」

形鋼製品の断面性能は、主として形状寸法で定まるが、阪神淡路大震災での鋼構造物の破壊事例を契機に、形鋼にも耐震性能が求められてきている。フランジ厚が 80 mm にも及ぶ極厚 H 形鋼は、溶接個所の減少による建築物の安全性向上や製造コスト削減、納期短縮などの長所から、超高層建築物の柱材への適用が増加している。

これらのニーズに応えるため従来の制御圧延技術に加えてさらに先進的研究を進め、微細包在物のフェライト変態促進機能 (FIM: fine inclusion metallurgy) を最大限活用した第 3 世代 TMCP 法による RT325 (MAC325 相当)、RT355 (MAC355 相当) の開発¹⁰⁾、および析出強化型極低炭素ベイナイト鋼による RT440 (SA440 相当) の製品化を実現させた¹¹⁾。これらの組織制御法により開発された極厚 H 形鋼の代表的な化学組成を Table 1 に、機械的性質を Table 2 に示す。

Table 1, 2 に示すように、SA440 級までのすべてのグレードにおいて非調質での製造が可能で、全断面において目標を満足する強度と高い靱性を有している。また、溶接時の予熱フリー化の可能性があるなど優れた溶接継手性能も達成している。実構造物へ適用した際の耐震性についても、実大サイズの柱-梁構造体における載荷試験を通して、その安全性が確認されている¹²⁾。

これらの実績から RT325, 355 の設計基準強度に関して建設大臣の認定¹³⁾を取得した結果、40 mm 超えのフランジ厚でも基準強度の低減が不要となり、超高層建築の柱材への適用が広がった。また高強度化とともに大断面化のニーズに対応して、極厚 H 形鋼としては最大ウェブ高さとなる 700 × 500 シリーズも開発し、ニーズに対応した商品の品揃えを充実させている。

2.4 今後の建築用形鋼

1998 年 6 月 12 日に改正建築基準法が公布された¹⁴⁾。改正の要点の一つに建築基準の性能規定化等基準体系の見直しが挙げられ、設計の自由度向上や合理的で低コスト化につながる新技術の円滑な導

Table 1 Typical chemical composition and microstructure of TMCP type heavy gauge H-shapes (mass%)

Steel	C	Ceq	Microstructure
RT325	0.12%C-V-N	0.36	Ferrite + Pearlite
RT355	0.12%C-V-N	0.40	Ferrite + Pearlite
RT440	0.02%C-Cu-Nb	0.28	Bainite

Table 2 Mechanical properties at specific portions of TMCP type heavy gauge H-shapes

Steel	Spec. and size	Position	Dir.	YP (0.2%YS) (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	vEo (J)
RT325	500 × 500 × 50 × 80 mm	F1/4-1/4 t	C	325-455	490-610	≤80	≥27
		F1/4-1/4 t	L	403	530	76	203
		F1/2-1/2 t	L	352	537	66	168
		W1/4-1/4 t	L	398	532	75	—
RT355	500 × 500 × 50 × 80 mm	F1/4-1/4 t	C	≥355	520-640	(≤80)	≥27
		F1/4-1/4 t	L	417	560	75	258
		F1/2-1/2 t	L	406	556	73	230
		W1/4-1/4 t	L	422	564	75	242
RT440	500 × 500 × 60 × 65 mm	F1/4-1/4 t	C	440-540	590-740	≤80	≥47
		F1/4-1/4 t	L	487	636	77	212
		F1/2-1/2 t	L	463	634	73	90
		W1/4-1/4 t	L	458	632	72	153

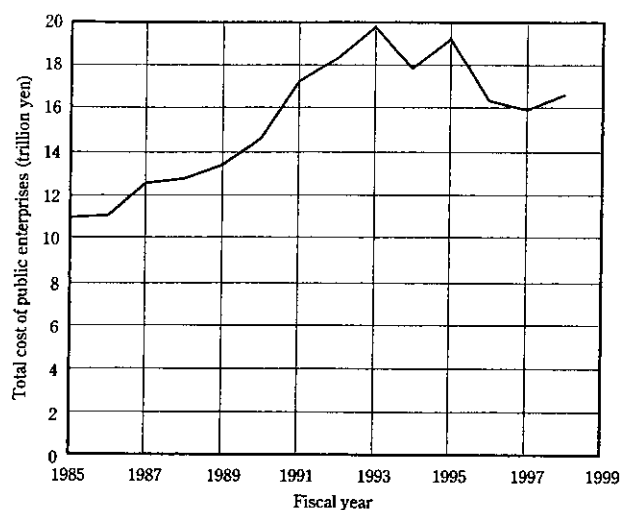


Fig. 4 Trend of official investment for civil construction

入と市場の活性化が期待される。さらに阪神淡路大震災を契機に、鋼材や溶接部に関わる規定も見直されている。特に H 形鋼では梁端部での脆性的な破断を防止するため、溶接熱影響部まで含めた良好な衝撃特性を有する高靱性 H 形鋼が求められている。今後はフレット部を含めて全断面の材質向上が重要であり、また加工コスト削減のための溶接性向上、寸法精度向上やさらなるリードタイム短縮が課題である。

3 土木分野の開発製品

3.1 土木市場動向

国内の土木市場は、Fig. 4 の公共事業費推移に示すように長期的には減少傾向にあり、コスト縮減が重要な課題となっている。一方、阪神淡路大震災を契機に道路・港湾などの分野で耐震設計法が見直され、土木構造物のさらなる耐震性が要求されるようになった。また、自然環境との調和や共生といった新しいニーズや、熟練工不足にともなう省力化技術も求められている。

当社の土木用形鋼分野では、これらの顧客ニーズに対応し新製品開発に取り組んできた。最近の 10 年間では、急増する都市内地下工事に対応した鋼製土留壁 (K ドメール®) の販売を 1992 年に開始するとともに、景観や自然との調和に配慮したカラー鋼矢板を市場投入した。また、1997 年には従来の鋼矢板に対し材料・施工ともに大幅なコスト削減が可能な広幅鋼矢板を開発し、建設省を始め各施主より高い評価を得た。その後も、突起付き H 形鋼をコンクリートと組み合わせた REED 工法を顧客と共同開発し、橋脚施工の省力化に貢献するなど、顧客ニーズに対する迅速な対応を実施してきた。本章では、これら新商品の概要について述べる。

3.2 K ドメール

大都市における過密化が進み、地下空間の利用技術と建設技術に対する要求は切実なものとなってきている。このため、土留壁工法に対しても、低騒音・低振動工法であることに加え、壁厚が薄くて高い剛性を有すること、狭隘な場所や上方空間に制限のある場所でも施工可能なこと、および迅速施工が可能なことなどが求められている。

当社は、これらの要求に応えるため、溶接組立加工による H 形

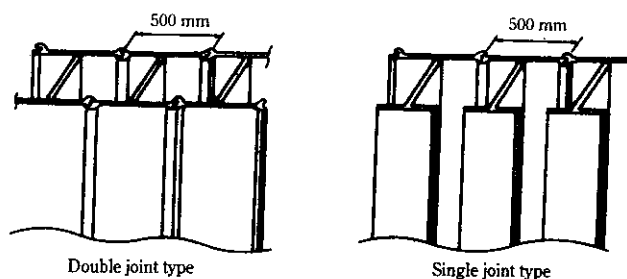


Fig. 5 Type of K-Domeru

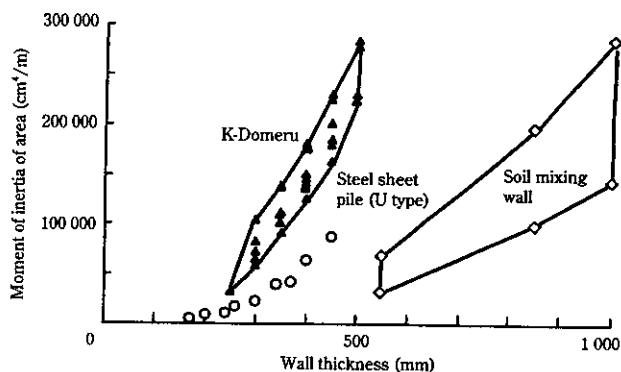


Fig. 6 Relation of wall thickness to rigidity

形状の鋼製土留壁 (K ドメール) を開発し、1989 年に実用化した。K ドメールは鋼矢板セル工法に用いられる直線形鋼矢板と厚板または形鋼 (CT, H) を溶接加工によって組み合わせた鋼製土留壁である。K ドメールには、Fig. 5 に示すように両爪タイプと片爪タイプの 2 種類のタイプがある。

Fig. 6 は U 形鋼矢板壁、ソイル柱列壁および K ドメールの壁の断面 2 次モーメントと壁厚の関係を示す。K ドメールは H 形断面の特性を活かして、従来の工法に比較して薄い壁厚で高い剛性が得られている。

また、施工法としては振動工法や自走式圧入工法などにより直接地盤中に打設する方法のほか、ソイルセメント連続壁工法の応力負担材として適用することができる。特に、小型の自走式圧入工法による施工は、都市土木など狭隘な環境下で威力を発揮している。

3.3 広幅鋼矢板

Fig. 7 に示す広幅鋼矢板は、有効幅を従来の 400, 500 mm から 600 mm へ拡大した新しい鋼矢板であり、施工延長あたりの打設枚数の低減や壁体としての軽量化と高剛性化による材料費縮減により、公共事業費用の大幅な低減を実現した。本製品は、欧州製品に比較し打設性を向上させるため製品を厚くしており、Fig. 8 に示すように国内の従来型に比較して鋼重あたりの断面係数 (壁として) を増加させている。

1997 年 4 月に 3W の生産を開始して以来、順次 2W, 4W の製造販売体制を整備した結果、U 形鋼矢板の広幅比率は約 70% に達しており、今後も官公庁における公共事業費削減のためにさらなる普及が予想される。

3.4 REED 工法

REED 工法は、Fig. 9 に示すように軸方向鉄筋に替えて附着性能に優れた突起付き H 形鋼 (ストライプ H) と、本体の一部として

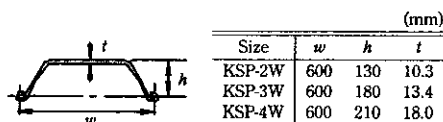


Fig. 7 New type sheet piling with 600 mm in width

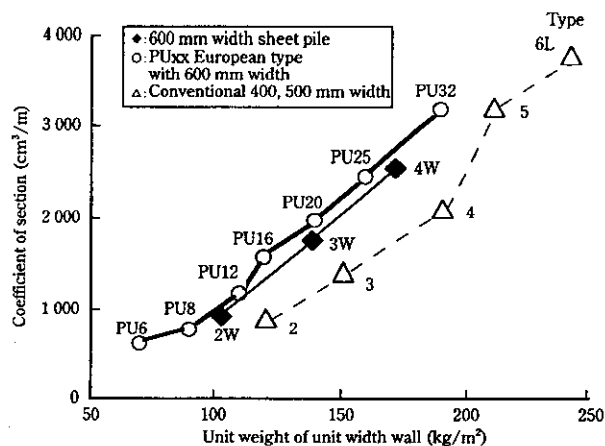


Fig. 8 Comparison of wall efficiencies

適用可能な高耐久性埋設型枠である SEED フォームを組み合わせた鉄骨コンクリート複合構造形式の橋脚構築工法である。鉄骨を用いることにより、耐震性能が高まるとともに鉄筋組みを大幅に省いていることで施工を簡素化できる。本工法では SEED フォームは分割製造され、現場組立ヤードや二次製品工場で函体に組立てられ、同時に函体に帯鉄筋や中間帯鉄筋を取り付けておくことを基本としている。このように本工法は、プレハブ化の導入により現場作業を省力化し、工数削減と単純化を図ることによって、工期短縮および安全性の向上を実現している。

本工法は、前田建設工業(株)殿との共同開発で、1998 年 12 月に(財)先端建設技術センターの先端建設技術・技術審査証明を取得した。1995 年に北海道縦貫自動車道大岸橋の橋脚として採用されたのを始めとして、全国の道路橋、鉄道橋の橋脚で実績を伸ばしている。

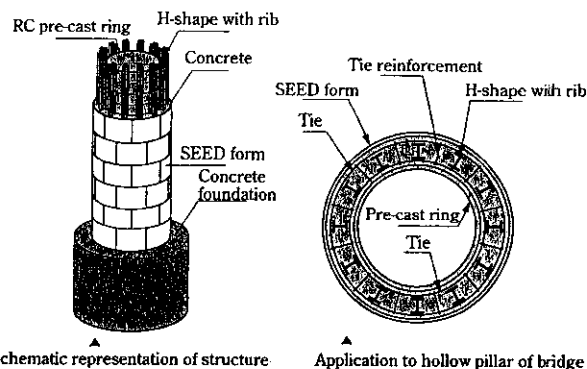


Fig. 9 Outline of "REED" construction method

3.5 今後の土木用形鋼

先の阪神淡路大震災においては、道路、港湾などの被災により、地域社会が大きな影響を受けたことから、災害に強く、信頼性の高いインフラの整備が求められるようになった。これを受けて、1996 年 12 月には「道路橋示方書 2」¹⁰⁾が、1999 年 4 月には「港湾の技術上の基準・同解説 3」¹¹⁾が改訂され、耐震設計に関連する大幅な見直しが行われた。土木分野においても性能保証に基づく限界状態設計法が志向されており、鋼材に関しては高強度、高靱性はもとより、コンクリートとの複合構造物を念頭に置いた性能要求(付着性など)が進むとともに、コスト削減に対応する低コスト工法の開発が望まれている。

4 おわりに

建設用鋼材は日本国内の鉄鋼需要の約 50% を占め、そのうち形鋼は 30% 以上が用いられている。建設用途を考えると鉄鋼材料は、弾性係数、強度あたりの費用、資源埋蔵量、リサイクル性のいずれに関しても他の金属材料に比較して優位性があり、21 世紀も使用され続けることは間違いない。次世代の鋼材として現在スーパーメタルなどの開発が進められているが、形鋼製造分野でも、材質のさらなる向上、施工性や付加的機能の向上などの開発を進め、21 世紀の社会基盤を支えるべく需要業界のニーズに応じていく所存である。

参考文献

- 1) 建設物価調査会：「建築統計年報平成11年度版」，(1999)，18-19，〔建設物価調査会〕
- 2) 阪神淡路大震災調査報告編集委員会：「阪神淡路大震災調査報告 建築編-3」，(1997)，〔丸善〕
- 3) 林 宏之，鏑田征雄，斎藤晋三，藤本洋二，河村有秀，竹林克浩：川崎製鉄技報，23(1991)1, 16
- 4) 木村達己，川端文丸，天野慶一，内田 清，人見 潔：まてりあ，38(1999)2, 160
- 5) 木村達己，奥井隆徳，内田 清：川崎製鉄技報，30(1998)4, 215
- 6) 岡津光浩，林 透，天野慶一：川崎製鉄技報，30(1998)3, 131
- 7) 石井 匠，藤澤一善，斎藤晋三：川崎製鉄技報，30(1998)1, 21
- 8) 建設省東住指発第 197 号-2，1999 年 5 月 25 日
- 9) 新日本法規：「平成 10 年 6 月 12 日公布 改正建築基準法」，(1998)，5-19，〔新日本法規出版〕
- 10) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説」，(1996)，〔日本道路協会〕
- 11) 日本港湾協会：「港湾の技術上の基準・同解説」，(1999)，〔日本港湾協会〕