要約版

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.33 (2001) No.3
数値解析・形鋼特集号

超大型外法一定 H 形鋼 1000，950 mm シリーズ
Fixed Outer Dimension H-Shapes, 1000 and 950 Series

河村　有秀（Kawamura, A.）　山本　晃輝（Yamamoto, K.）　今村　晴幸（Imamura, H.）

要旨：
川崎製鉄は 1989 年より，外法一定 H 形鋼（スーパーハイスレンド H）を製造している。建築構造物の高層化および大空間化にともなう構造部材のさらなる大型化に対応すべく，このたびウェブ高さ 1 000 mm と 950 mm の大断面外法一定 H 形鋼「スーパーハイスレンド H 1000 および 950 シリーズ」を開発した。スーパーハイスレンド H は優れた形状寸法精度で製造され，厚鋼板と同一の板厚系列のウェブおよびフランジよりなる熱間圧延 H 形鋼である。その断面寸法は，厚鋼板を溶接組み立てするビルトアップ H 形鋼と同一の形状とすることができ，建設分野において経済施工の実現が可能である。

Synopsis：
With the recent trend toward higher and larger sizes in height and width of buildings, H-shapes for structures have been desired to have higher strength and toughness quality, and to have a larger variety of sizes. Kawasaki Steel developed Super HISLEND H 1000 mm series in April 1999. Additionally, in May 2000, Super HISLEND H 950 mm series were developed and the size variety of 1000 mm series was enlarged. Hot-rolled fixed outer dimension H-shapes (Super HISLEND H) are once-in-a-decade hit products which greatly simplify the structural designs and the execution of construction work, provide superior dimensional accuracy and offer far better economy than welded H-shapes. Produced using a revolutionary new flexible manufacturing system, the fixed outer dimension H-shapes outperform both conventional fixed inner dimension H-shapes and built-up H-shapes.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

超大型外法一定 H 形鋼 1000，950 mm シリーズ*

川崎製鉄技報
33 (2001) 3, 128-131

Fixed Outer Dimension H-Shapes, 1000 and 950 Series

河村　有秀
Arihide Kawamura
水島製鉄所　条鋼圧延部条鋼技術室　主査(課長)

山本　晃輝
Kouki Yamamoto
水島製鉄所　条鋼圧延部条鋼技術室

今村　晴幸
Haruyuki Imamura
形鋼セクター室長（理事）

要旨

川崎製鉄は 1989 年より，外法一定 H 形鋼（スーパーハイスレンド H）を製造している。建築構造物の高層化および大空間化にともなう構造部材のさらなる大型化に対応すべく，このたびウェブ高さ 1 000 mm と 950 mm の大断面外法一定 H 形鋼「スーパーハイスレンド H 1000 および 950 シリーズ」を開発した。スーパーハイスレンド H は優れた形状寸法精度で製造され，厚鋼板と同一の板厚系列のウェブおよびフランジよりなる熱間圧延 H 形鋼である。その断面寸法は，厚鋼板を溶接組み立てするビルトアップ H 形鋼と同一の形状とすることができ，建設分野において経済施工の実現が可能である。

Synopsis:

With the recent trend toward higher and larger sizes in height and width of buildings, H-shapes for structures have been desired to have higher strength and toughness quality, and to have a larger variety of sizes. Kawasaki Steel developed Super HISLEND H 1000 mm series in April 1999. Additionally, in May 2000, Super HISLEND H 950 mm series were developed and the size variety of 1000 mm series was enlarged. Hot-rolled fixed outer dimension H-shapes (Super HISLEND H) are once-in-a-decade hit products which greatly simplify the structural designs and the execution of construction work, provide superior dimensional accuracy and offer far better economy than welded H-shapes. Produced using a revolutionary new flexible manufacturing system, the fixed outer dimension H-shapes outperform both conventional fixed inner dimension H-shapes and built-up H-shapes.

1　緒　　言

近年，建築構造物の高層化および大空間化が進み，構造用鋼材に対して高強度化や大断面化および経済性が求められている。川崎製鉄の熱間圧延 H 形鋼では，新 TMCP 極厚 H 形鋼「RIVER TOUGH」を開発することにより 590 MPa までの引張り強さを実現し，高強度化をはかってきた[1]。また大断面化への取り組みとして，柱用 H 形鋼として断面効率に優れる「H 700 × 500 シリーズ」大断面極厚 H 形鋼[2,3] を開発した。

一方，梁の用途に供する H 形鋼としては外法一定 H 形鋼（スーパーハイスレンド H：SH）を 1989 年 11 月に販売開始し，以降製造範囲の拡大を繰り返し，1993 年 6 月にはフランジ幅 350 mm および 400 mm，ウェブ高さ 700，750，800，850，900 mm の川崎製鉄独自の断面寸法よりなる外法一定 H 形鋼を開発し，サイズ構成を充実させるとともに大断面化の要求に応えてきた。

発売開始より 10 年を経た現在，内法一定 H 形鋼に比べ断面効率および形状寸法精度に優れ大断面化にも対応したスーパーハイスレンド H は高層建築などの市場で着実に普及してきたが，需要家からのさらなる大断面 H 形鋼の要望に応えるために国内初のウェブ高さ 1 000 mm の熱間圧延による外法一定 H 形鋼「SH 1000 シリーズ」を開発し，1999 年 4 月より販売を開始した。

ウェブ高さ 1 000 mm の H 形鋼の製造は，川崎製鉄水島製鉄所の形鋼工場のリフレッシュ工事（1996 年 6 月）による中間圧延機の能力増強と孔形圧延技術の進展によって実現された。

さらに 2000 年 5 月には「SH 1000 シリーズ」のサイズ拡大と「SH 950 シリーズ」の追加によりサイズ構成の拡充をはかり，多サイズの外法一定 H 形鋼で，より幅広い需要家要求に応えられる熱間圧延 H 形鋼の供給体制を確立した。本報告では，大断面外法一定 H 形鋼「スーパーハイスレンド H 1000 および 950 シリーズ」の開発について述べる。

2　熱間圧延による大断面 H 形鋼のニーズ

建築構造用鋼材の大断面化のニーズは構造物の高層化や大型化にともない急速に高まり，H 形鋼についても例外なく，超高層建築などでは大断面化による経済的に有利な施工が求められた。

一方，熱間圧延で製造可能な H 形鋼は，国内ではウェブ高さ 900 mm までで，900 mm を超えるウェブ高さの H 形断面材が必要な場合は，切断した厚鋼板を溶接により組み立てるいわゆる「ビルトアップ H 形鋼」が用いられていた。しかし，ビルトアップ H 形鋼は切断および溶接工程が必要なことから経済施工が困難である。

* 平成13年5月8日原稿受付

こうした背景から，使用者側からは経済性に優れる熱間圧延による大断面の H 形鋼を望む声が高まった。川崎製鉄はこれらの要望に答えるため，超大型の外法一定 H 形鋼「スーパーハイスレンド H 1000 シリーズ」を開発した。その後さらにウェブ高さ 1 000 mm と 950 mm のサイズを追加し，最大寸法 H 1 000 × 400 mm までの 39 シリーズ・270 サイズの外法一定 H 形鋼の生産体制を確立した。

3　大断面 H 形鋼の製造工程と圧延設備

当社水島製鉄所は，ほとんどすべての鉄鋼製品の生産が可能な一貫製鉄所である。この中で大断面の連続鋳造製スラブとハイパワーの鋼片圧延機が使用できることで当製品の製造が可能となった。

製造工程を **Fig. 1** に，形鋼工場の圧延ラインのレイアウトを **Fig. 2** に示す。形鋼工場に受け入れられた素材は再加熱後に粗圧延機（ブレークダウンミル）で孔形圧延され，次いで中間圧延機（粗ユニバーサルミル）と仕上圧延機（仕上ユニバーサルミル）を経て最終的な製品寸法に圧延される。

3.1　中間圧延機の能力増強

当社では 1996 年 6 月に中間圧延機（粗ユニバーサルミル）を更新，耐荷重を増大させ大断面の H 形鋼の製造に適するようにした。合わせて機械的なクリアランスやガタを極小化し，かつ水平ロールと垂直ロールに油圧圧下機構と AGC 制御を導入し，高剛性化と高寸法精度化をはかった[4]。**Table 1** に更新前後のミルの主仕様を比

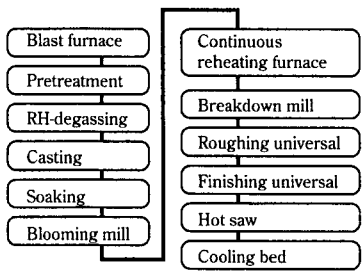

Fig. 1　Manufacturing process of SH 1000 mm series

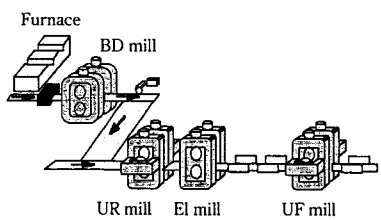

Fig. 2　Layout of wide flange beam mill

Table 1　Principal specifications of the new mill and the previous one

Items		New mill	Previous mill
Maximum load (kN)	Horizontal roll	15 000	11 800
	Vertical roll	10 000	5 700
Mill modulus (kN/mm)	Horizontal roll	3 000	2 300
	Vertical roll	3 000	2 000
Roll-screw-down mechanism		Hydraulic	Electric
Roll-change method		Roll-change (On-line)	Stand-change (Off-line)

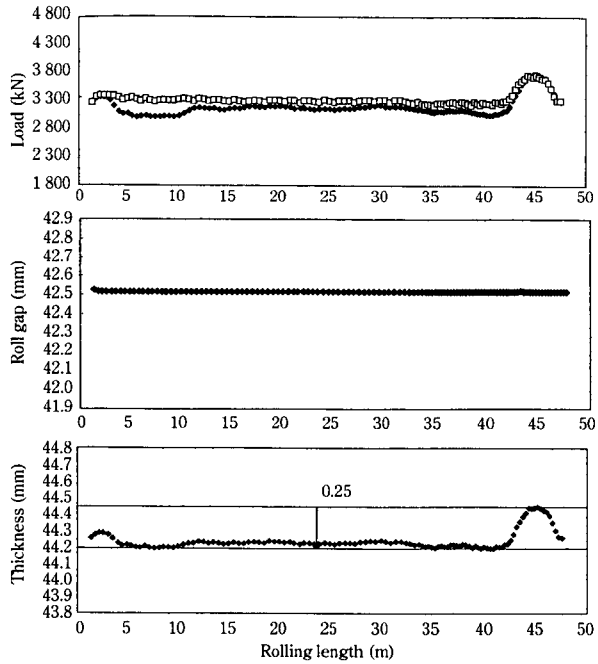

Fig. 3　Example of flange thickness without AGC system (H 1000 × 400 × 19 × 40)

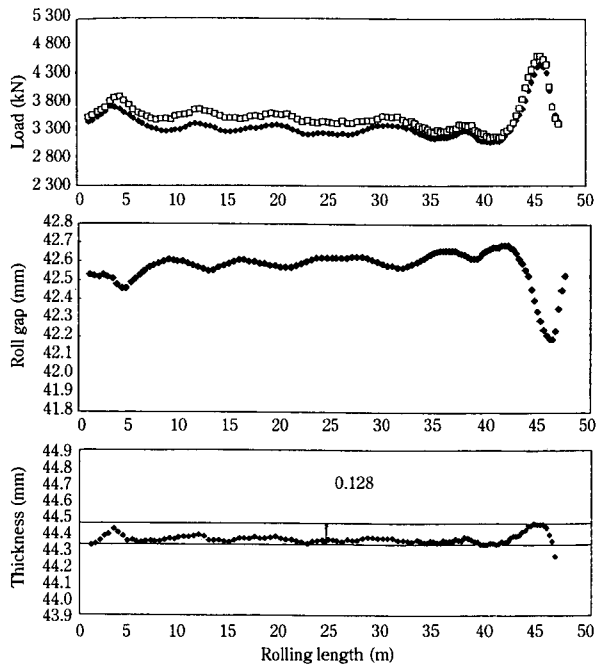

Fig. 4　Example of flange thickness with hydraulic AGC system (H 1000 × 400 × 19 × 40)

較する。製造範囲もウェブ高さ 300 mm から 1 000 mm まで同一のスタンドでの対応が可能である。

特に連続鋳造スラブからの大断面 H 形鋼の製造は，圧延長さ方向の寸法の変動が大きくなりやすいため，長さ方向にわたっての制御が有効である。**Fig. 3** と **4** に油圧圧下による AGC 制御の適用例を示す。またこれらの能力増強は製造条件や圧延温度の制御範囲も拡大させ高強度化や高靱性化など材質面の改善にも寄与した。

3.2　粗形鋼片の造形技術

まず断面寸法が 310 × 1 800 mm の連続鋳造製スラブを用い鋼片

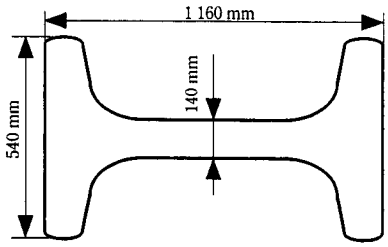

Fig. 5 Beamblank for SH 900, 950, 1000 mm series

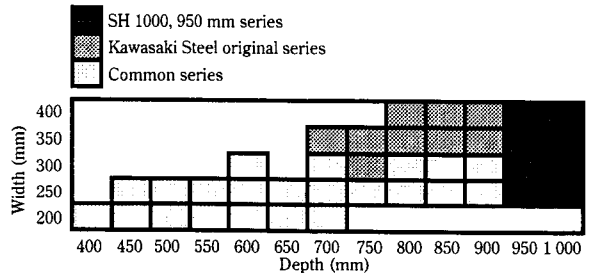

Fig. 7 Size variety of Super HISLEND H in Kawasaki Steel

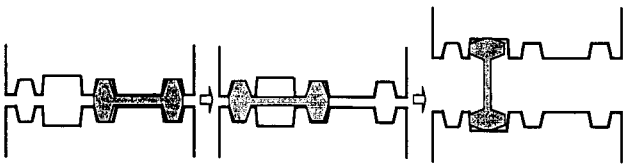

Fig. 6 Rolling method of breakdown mill

圧延機で中間ビームブランクに造形する。中間ビームブランクの断面寸法は H 900 × 400 シリーズの H 形鋼用と同一 (**Fig. 5**) とした。

次に形鋼工場のブレーンダウンミルで，各種孔形を用いてウェブ高さの拡大・縮小とフランジ幅の縮小圧延を組み合わせて成形する。これによりウェブ高さは 950 mm と 1 000 mm，フランジ幅は 250，300，350，400 mm のそれぞれあわせて 8 シリーズの成形を可能とした。特にウェブ高さに関しては，孔形圧延で従来以上の拡大圧延を行った後にウェブ高さを制御するパスを入れることによって寸法精度の向上をはかったことが特徴である。孔形圧延方式の一例を **Fig. 6** に示す。

4 製造可能範囲

川崎製鉄の外法一定 H 形鋼（スーパーハイスレンド H）の製造可能範囲を **Fig. 7** に示す。ウェブ高さ 1 000 mm と 950 mm の 8 シリーズを加えて 39 シリーズ・270 サイズとしている。製造規格は **Table 2** に示すように，建築構造用圧延鋼材「JIS G 3136：SN 規格」をはじめとする多様な規格に対応している。形状および寸法の許容差は，従来から製造していたスーパーハイスレンド H と同様に高さ，幅，ウェブの芯ずれなどの主要項目は ±2.0 mm という JASS6「鉄骨精度検査規準」を十分満足する品質としている。

Table 2 Corresponding standards

Specifications	JIS
JIS G 3136	SN400A, B, C SN490B, C
JIS G 3106	SM400A, B, C SM490A, B, C SM490YA, YB SM520B, C
JIS G 3101	SS400
JIS G 3114	SMA400AW, AP SMA400BW, BP SMA490AW, AP SMA490BW, BP
Kawasaki Steel specifications	SN400A-FR, B-FR, C-FR SM400A-FR, B-FR, C-FR SN490B-FR, C-FR SM490A-FR, B-FR, C-FR

Table 3 Sizes and section properties

Nominal size	Section dimensions (mm)					Sectional area (cm^2)	Unit mass (kg/m)	Moment of inertia (cm^4)		Radius of gyration (cm)		Modulus of section (cm^3)	
	H	B	t_1	t_2	r			I_x	I_y	i_x	i_y	Z_x	Z_y
900 × 400	900	400	16	25	18	338.8	266	470 000	26 700	37.2	8.88	10 400	1 340
	900	400	16	28	18	361.8	284	511 000	29 900	37.6	9.09	11 400	1 490
	900	400	16	32	18	392.5	308	565 000	34 200	37.9	9.33	12 600	1 710
	900	400	19	28	18	387.1	304	526 000	29 900	36.9	8.79	11 700	1 500
	900	400	19	32	18	417.6	328	580 000	34 200	37.3	9.05	12 900	1 710
	900	400	19	36	18	448.1	352	632 000	38 500	37.6	9.26	14 100	1 920
	900	400	19	40	18	478.6	376	684 000	42 700	37.8	9.45	15 200	2 140
950 × 400	950	400	16	22	18	323.7	254	484 000	23 500	38.7	8.52	10 200	1 180
	950	400	16	25	18	346.8	272	531 000	26 700	39.1	8.77	11 200	1 340
	950	400	16	28	18	369.8	290	577 000	29 900	39.5	8.99	12 100	1 500
	950	400	16	32	18	400.5	314	638 000	34 200	39.9	9.24	13 400	1 710
	950	400	19	25	18	373.8	293	549 000	26 700	38.3	8.46	11 600	1 340
	950	400	19	28	18	396.6	311	595 000	29 900	38.7	8.69	12 500	1 500
	950	400	19	32	18	427.1	335	655 000	34 200	39.2	8.95	13 800	1 710
	950	400	19	36	18	457.6	359	714 000	38 500	39.5	9.17	15 000	1 920
1 000 × 400	1 000	400	16	22	18	331.7	260	544 000	23 500	40.5	8.42	10 900	1 180
	1 000	400	16	25	18	354.8	279	596 000	26 700	41.0	8.68	11 900	1 340
	1 000	400	16	28	18	377.8	297	647 000	29 900	41.4	8.90	12 900	1 500
	1 000	400	16	32	18	408.5	321	715 000	34 200	41.8	9.15	14 300	1 710
	1 000	400	19	25	18	383.3	301	617 000	26 700	40.1	8.35	12 300	1 340
	1 000	400	19	28	18	406.1	319	669 000	29 900	40.6	8.58	13 400	1 500
	1 000	400	19	32	18	436.6	343	736 000	34 200	41.0	8.85	14 700	1 710
	1 000	400	19	36	18	467.1	367	802 000	38 500	41.4	9.07	16 000	1 920

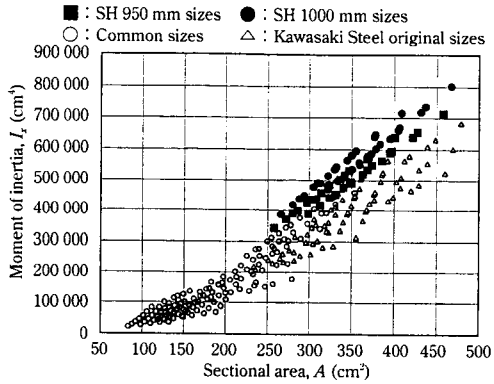

Fig. 8　Section properties

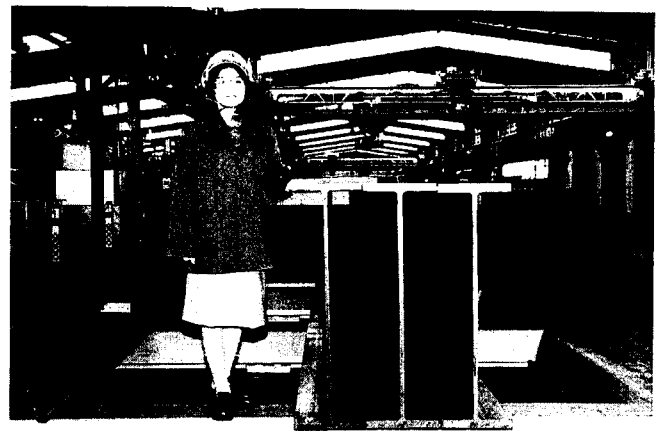

Photo 1　SH 1000 series

Fig. 8 には各サイズの断面積と断面 2 次モーメントの関係を示す。新たに開発した SH 1000 および SH 950 シリーズは，従来のサイズと比較して同程度の断面積でも断面 2 次モーメントが大きく，断面の効率が高いことがわかる。一例として **Table 3** に H 900 × 400 と H 950 × 400，H 1000 × 400 の断面性能を比較して示す。たとえば H 900 × 400 × 19 × 40 では断面積は 478.6 cm^2 で断面 2 次モーメントは 684 000 cm^4 であるのに対し H 950 × 400 × 19 × 36 の断面積は 457.6 cm^2 で断面 2 次モーメントは 714 000 cm^4，H 1000 × 400 × 19 × 32 では断面積は 436.6 cm^2 で断面 2 次モーメントは 736 000 cm^4 である。すなわち H 900 × 400 × 19 × 40 と同程度以上の断面 2 次モーメントを確保するためには H 950 × 400 シリーズならばフランジ厚は 36 mm，H 1000 × 400 シリーズならばフランジ厚は 32 mm でよく，それに応じて断面積も減少し，質量もそれぞれ 4.4%，8.8% 軽減される。したがって，合理的で経済的な設計と鋼材選択が可能になる。

5　結　　言

川崎製鉄は建築構造物の高層化や大空間化に対応した新商品を開発した。

（1）　国内では最大級のウェブ高さ 1 000 mm の熱間圧延外法一定 H 形鋼を開発した。

（2）　ウェブ高さを拡大することで断面性能を飛躍的に向上させ，合理的かつ経済的な構造設計と鋼材選択を可能にした。

製品の一例を **Photo 1** に示す。

H 1000 × 300 と H 1000 × 350 シリーズは 1999 年 4 月より，他の 6 シリーズは 2000 年 5 月に販売を開始しており，今後の超高層建築をはじめとする構造物への適用が期待される。

参 考 文 献

1) 木村達己，星野俊幸，天野虔一，奥井隆徳，三浦啓徳，藤澤一善：*CAMP-ISIJ*, **14**(2001), 434
2) 横川　浩，上村正樹，河村有秀：山陽技術雑誌，**47**(2000)1
3) 横川　浩，河村有秀，藤澤一善，藤沢清二，三浦啓徳，青木秀未：建材技術論文 5 材—25，(1998)
4) 駒城倫哉，北浜正法，吉田　博，林　宏之，丸川邦彦：塑加春講論，(1997), 489