

|||||
新商品紹介
 |||||

ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼

家 成 徹* 朝 田 博** 仲 子 武 文*** 桜 田 康 弘****

ZAM-made Laser Welded Light Gauge Steel H Sections

Toru Ienari, Hiroshi Asada, Takefumi Nakako, Yasuhiro Sakurada

1. 緒 言

現在、2020年の東京オリンピック開催に向けてインフラ整備も含めた計画および建設が進んでおり、当面は需要拡大に大きな期待が寄せられている¹⁾。

一方、作業員の不足や建築資材の値上がりによる建築コストの高騰や国内の人口減少に伴うマーケットの縮小が懸念されている。特に住宅需要は、長期的な見通しでは減少に向かうと予想されているため、住宅には高齢化や省エネルギー対策など社会動向の変化に対応した自由度の高い設計が必要となる²⁾。そのような設計を可能にするためには、これまでになかった形状、寸法や機能を付与した付加価値の高い部材が必要になると筆者らは考えている。

ところで様々な部材に広く使われているH形鋼には、熱間圧延H形鋼(以下、圧延H形鋼と記す)と高周波抵抗溶接で製造される一般構造用溶接軽量H形鋼(以下、高周波溶接軽量H形鋼と記す)がある。これらは必要強度や使用寸法に応じて使い分けされている。

圧延H形鋼よりも軽量な高周波溶接軽量H形鋼は、素材に3つの鋼帯を用い、連続的に溶接して製造するため生産性に優れる特徴があるが、以下のような課題がある。①H形鋼の形状を小型にすると、鋼帯に給電する電極ホルダーと鋼帯との干渉が懸念され製造しにくい³⁾。②アブセット溶接時の圧力によりウェブとなる素材にたわみが生じやすいことから、素材の薄肉化が困難。③素材としてめっき鋼板を用いた場合、素材表面に生じる電極の

摺動痕により、表面外観を損なう。

このような課題により、H形鋼は重量減によるコスト低減、部材を小型化することで空間を有効活用するニーズには対応できず、多くは過大仕様の形状、寸法で代用されている。

このような状況のなか、付加価値の高いH形鋼を提供するために、レーザー溶接を適用した溶接軽量H形鋼を開発、商品化した。レーザー溶接軽量H形鋼の外観を図1に示す。

レーザー溶接軽量H形鋼は、従来にない小型、薄肉、軽量化が可能であり、設計の自由度を広げる一助になるものと考えている。また溶接時に電極との接触がないことから、素材にめっき鋼板を用いても表面外観を損なうことがなく、より付加価値のあるH形鋼である。

本報では溶融Zn-6mass%Al-3mass%Mg合金めっき鋼板(以下、ZAMと記す)を素材としたZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の特徴と適用事例について紹介する。

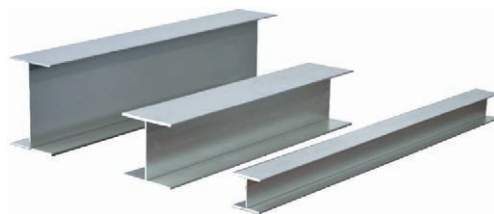


図1 ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の外観

Fig. 1 Appearance of ZAM-made laser welded light gauge steel H sections.

*加工技術研究部 加工第一研究チーム

**加工技術研究部 主席研究員

***加工技術研究部 加工第一研究チーム チームリーダー

****日新製鋼ステンレス鋼管株式会社 製造部 レーザ溶接形鋼グループ グループリーダー

2. ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の特徴

2.1 製造方法

集光された単一波長光線によるレーザー溶接は、入熱範囲が狭いため、熱歪みが小さくかつ深い溶け込みの溶接が可能である^{4) 5)}。そのため、1パスで完全溶け込み溶接が可能であり、生産性に優れた特徴を有する。

図2にZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の生産手順の概略および図3に溶接方法を示す。ウェブ、フランジを構成する切板をあらかじめ準備し、これをH形に組立て、溶接設備に搬送する。搬送された切板の2箇所レーザー光を上側から同時に照射し、2箇所の完全溶け込み溶接T継手を形成して接合する。その後、形状の矯正工程を経て、検査の後、製品となる。

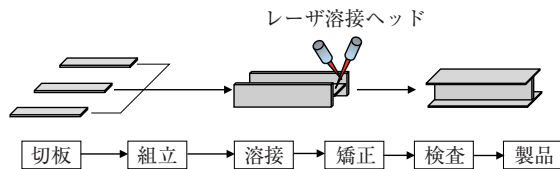


図2 ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼生産手順の概略
Fig. 2 Schematic illustration of production process for ZAM-made laser welded light gauge steel H sections.

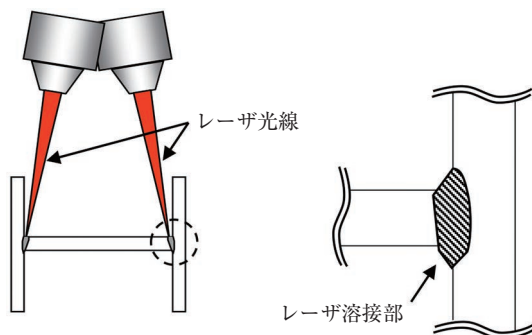


図3 ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の溶接方法
Fig. 3 Welding method of ZAM-made laser welded light gauge steel H sections.

2.2 形状・寸法

図4にH形鋼の寸法表記を示す。H形鋼では、高さ、幅、ウェブの板厚、フランジの板厚の順に寸法を表記する。各種H形鋼の製造可能範囲として、図5に形状寸法範囲を、図6にウェブとフランジの板厚範囲を示す。ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は高さ、幅ともに50mmから製造可能であり、従来のH形鋼に比べて小型の断面に対応できる。また、薄板を適用できることから、形状と板厚の組合せしだいで大幅な軽量化を達成することが可能である。

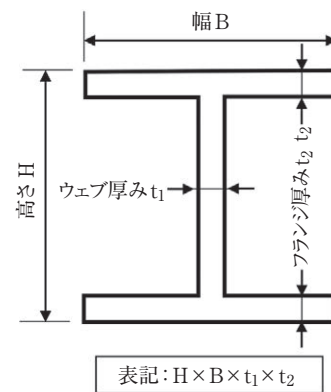


図4 H形鋼の寸法表記
Fig. 4 Size description of steel H sections.

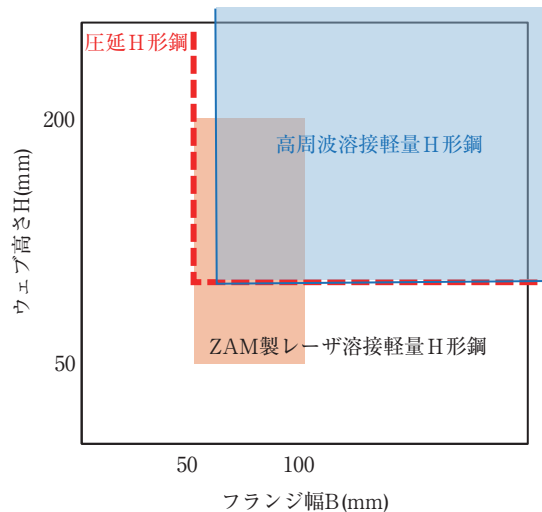


図5 各種H形鋼のウェブ高さおよびフランジ幅の範囲
Fig. 5 Web height and flange width range of various steel H sections.

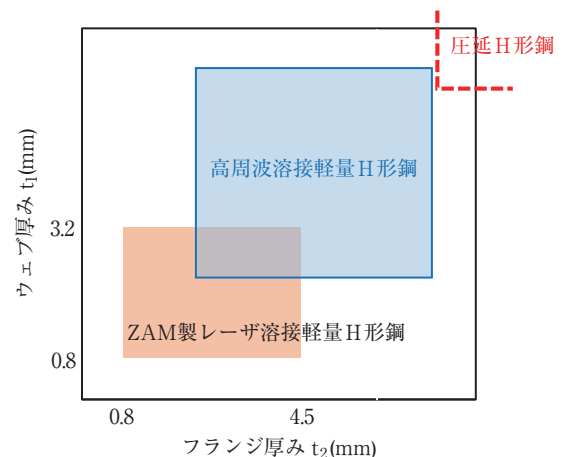


図6 各種H形鋼のウェブおよびフランジの板厚範囲
Fig. 6 Web and flange thickness range of various steel H sections.

2.3 溶接部の品質

一般構造用溶接軽量H形鋼の溶接部品質評価法として、JIS G 3553に溶接部引張試験が規定されている。そこで、上記JISに準拠し、ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の溶接部引張試験を行った。図7に試験方法を示す。フランジを固定して試験片を上下に引張り、破断後の形態を調査した。なお、引張試験の合否判定は、ウェブまたはフランジの母材破断を合格とした。

材料強度400MPa級、片面当りのめっき付着量145g/m²のZAMを素材とした寸法150×100×2.3×3.2mmのZAM製レーザー溶接軽量H形鋼について、引張試験を行った結果を図8に示す。試験の結果、ウェブにおける母材破断であり、溶接部破断はなかった。また、前述した製造可能範囲内のその他の形状、寸法のZAM製レーザー溶接軽量H形鋼についても溶接部引張試験を実施した結果、いずれも母材破断であり合格であった。

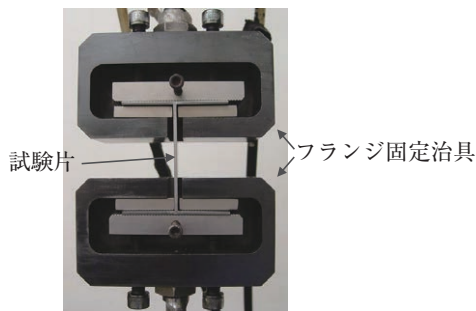


図7 溶接軽量H形鋼の引張試験

Fig. 7 Appearance of tensile test for welded light gauge steel H sections.

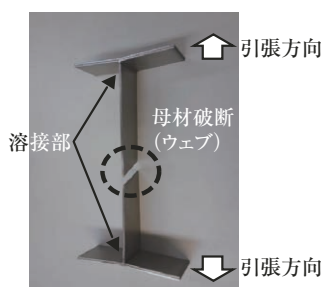


図8 引張試験後の試験片外観

Fig. 8 Appearance of specimen after tensile test.

さらに、前述したH形鋼の溶接部引張試験だけでなく、レーザー溶接部により負荷をかける斜め割れ破壊試験を実施し、溶接部品質を評価した。本試験は溶接部引張試験と異なり、レーザー溶接部付近を密着曲げさせる方法である。

試験片は前述した引張試験片と同じ仕様であり、長尺のH形鋼から長さ50mmを切り出した後、ウェブ中央

で切断しT形としたものを用いた。図9に試験方法を示す。まず油圧式圧縮試験装置のテーブル上に、レーザー溶接部が変形の支点となるよう試験片を斜めに設置し、圧縮荷重してウェブとフランジを密着させた。試験片の設置条件は図10に示すように、破壊試験時にレーザー光の照射側が圧縮となる方向および引張となる方向の2種類とした。試験後に溶接部を観察し、割れ有無を評価した。

図11に試験後の試験片外観を、図12にレーザー溶接部の断面観察結果を示す。いずれの試験片もフランジと

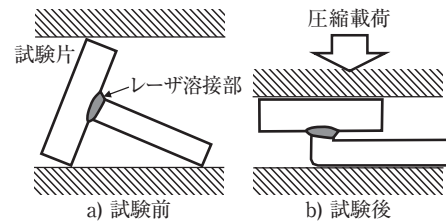


図9 斜め割れ破壊試験方法

Fig. 9 Schematic illustration of slant fracture test.

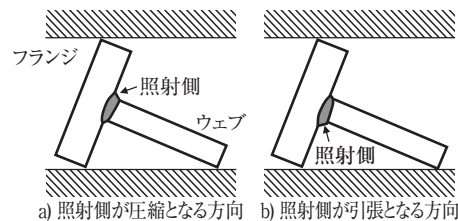


図10 斜め割れ破壊試験における試験片の設置条件

Fig. 10 Setting conditions of specimen for slant fracture test.

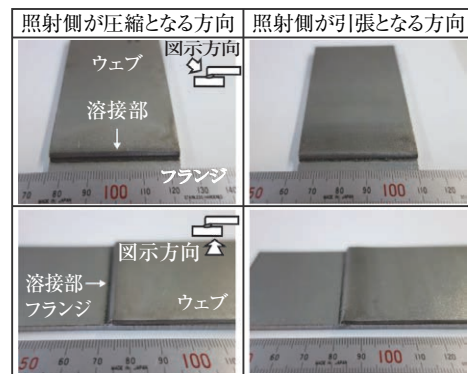


図11 斜め割れ破壊試験後の試験片外観

Fig. 11 Appearance of specimens after slant fracture test.

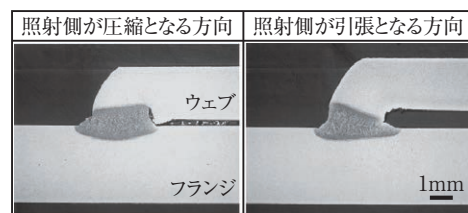


図12 斜め割れ破壊試験後のレーザー溶接部の断面観察結果

Fig. 12 Observation of cross-section of laser welded zone after slant fracture test.

ウェブが密着するまで圧縮载荷した結果、溶接部の割れはなかった。

以上の結果より、ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は、健全な溶接部品質を有していると判断する。

2.4 耐食性

ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の溶接部の耐食性を評価するため、JASO M609-91に準拠した複合サイクル腐食試験(以下、CCTと記す)を行った。表1に試験片の明細を示す。試験片の素材には材料強度400MPa級、片面当りのめっき付着量70g/m²のZAMを用いた。溶接部無補修と補修有りの2水準で評価した。なお補修は水溶

表1 複合サイクル腐食試験の試験片の明細
Table 1 Specimens for combined cyclic corrosion test

素材	ZAM(400MPa級)
片面当りのめっき付着量(g/m ²)	70
レーザー溶接部の補修塗装	無し, 有り
寸法(高さmm×幅mm)	100×100
板厚組合せ (ウェブ厚みmm×フランジ厚みmm)	1.6×1.6
	2.3×2.3
	3.2×3.2

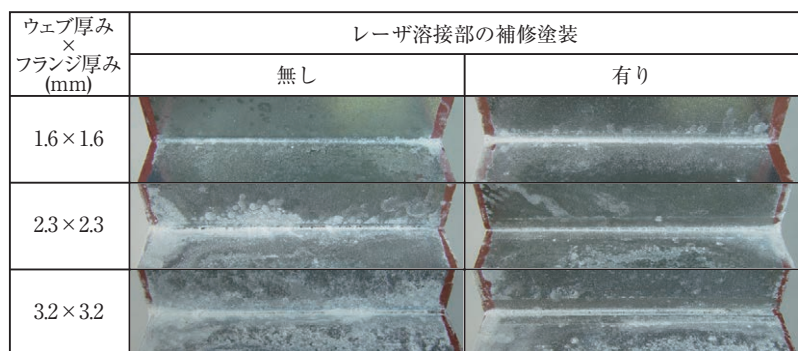


図13 複合サイクル腐食試験200サイクル後のレーザー溶接部の外観観察結果
Fig.13 Appearance of laser welded zone after 200 cycles of combined cyclic corrosion test.

性エポキシエステル樹脂を主成分とした塗料にて行った。また、試験片の端面は発錆を防止するため、シーリング材で被覆した。

図13にCCT200サイクル後の溶接部の外観を示す。溶接部の補修塗装の有無に関わらず、溶接部に赤錆は生じていなかった。

次にCCT200サイクル後の溶接部補修無しの試験片から引張試験片を切り出し、溶接部引張試験を行った。いずれもウェブにおける母材破断であった。図14は試験後の試験片外観の一例である。これらの結果より、溶接部は長期にわたり健全性を保つと推察される。

図15に大阪府堺市の沿岸工業地域で7年間屋外暴露試験したZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の溶接部の外観を示す。補修無しの試験片においても、溶接部に赤錆は生じておらず、補修有りの試験片と同等の外観を呈していた。

これらの結果より、レーザー溶接は溶接部周辺のみめっき損傷を最小限に抑えることができる。そのため、ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼はZAMの高耐食性を十分に活用でき、溶接部の補修塗装の省略も期待できる。



図14 複合サイクル腐食試験200サイクル後の試験片による引張試験後の外観の一例
Fig.14 Appearance of tensile test specimen after 200 cycles of combined cyclic corrosion test.

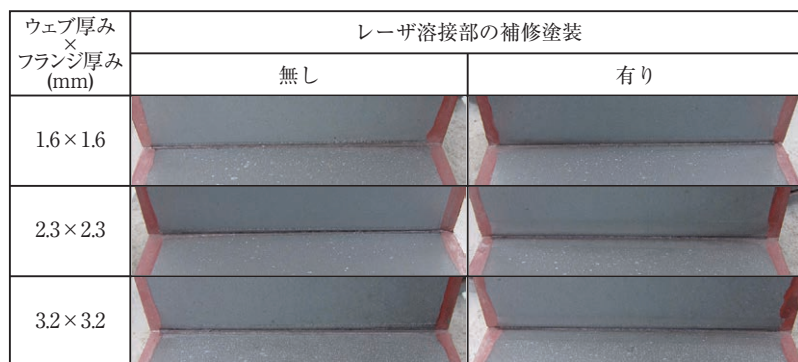


図15 屋外暴露試験7年後のレーザー溶接部の外観観察結果(大阪府堺市)
Fig.15 Appearance of laser welded zone exposed outside in Sakai city for 7 years.

2.5 建築基準法第37条第二号認定の取得

建築物の構造部材に適用するためには、建築材料として公的な認定の取得が必要である。ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は、建築基準法第37条第二号の規定による認定を受けるべく国土交通大臣に申請を行い、申請分について大臣認定「建築構造用ZAMレーザー溶接軽量H形鋼MSLW400-M」を取得した。これにより、ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は建築構造用材料として適用可能である。

3. ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼適用の考え方

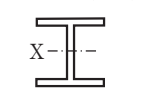
前述したように、ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は従来のH形鋼に比べ小型化、薄肉化に対応できるとともに良好な耐食性を有する。これらの特徴を活かした適用の考え方を以下に例示する。

3.1 軽量化

薄肉による軽量化の一例として、表2に圧延H形鋼からZAM製レーザー溶接軽量H形鋼に置き換えた場合の重量比較結果を示す。高さ100mmの圧延H形鋼の断面2次モーメント I_x を同等以上とした場合、レーザー溶接軽量H形鋼の高さは150mmとなり、大型化する。しかし、ウェブとフランジの薄肉化により、ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は圧延H形鋼に比べて単位重量が1/2以下となり、大幅な軽量化を達成できる。また、軽量化することにより、現場の施工において重機が不要になるなどの作業性が向上し、工期の短縮も期待できる。

表2 断面特性と重量の比較

Table 2 Comparison of unit-weight and cross-sectional property

	圧延H形鋼	ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼
寸法(mm)	100×100×6.0×8.0	150×100×2.3×3.2
単位重量(kg/m)	16.9	7.6
断面二次モーメント(cm^4)		
 I_x	378	402

3.2 めっき工程省略

一般に圧延H形鋼は、防錆・耐食性向上のためどぶ漬け亜鉛めっきを施すことが多い。この場合、めっき作業にかかる費用のほかに、めっき後の熱ひずみの矯正費用やバリ除去作業にかかる費用、外注めっきに伴う

運搬費用が必要であり、製造コストアップ要因となる。ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の場合、どぶ漬けめっきそのものを省略可能であり、コスト低減や納期短縮が可能である。

3.3 組立作業工程の省略

従来、溶接軽量H形鋼よりも小型のH形鋼を必要とする場合、図16に示すように軽量溝形鋼同士を背中合わせにして、溶接またはボルトナットで接合したH形状の形鋼が使用されている。ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼で小型サイズを製造すれば、接合作業費用とウェブ1枚分の材料を省略することができ、コスト低減と軽量化を同時に達成することができる。

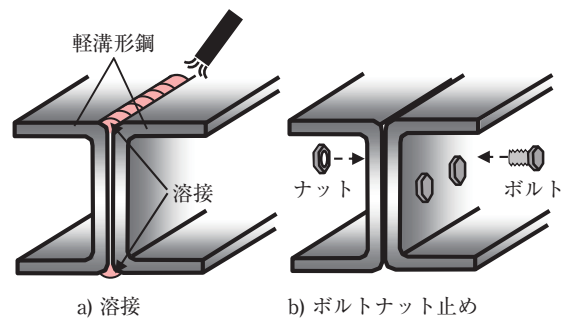


図16 小型サイズH形鋼の製造方法

Fig.16 Production methods of small size steel H sections.

3.4 小ロット対応

ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は、あらかじめ鋼帯から必要な長さに切断した切板から生産するため、小ロットの製造対応が行える。そのため、物件ごとに必要な量に合わせて提供できることから、邸別納入やH形鋼の在庫保管にかかる費用の低減などのニーズに対応可能である。

また、素材の寸法や板厚を比較的自由に適用ことができ、多品種のH形鋼の製造が可能である。

以上のようにZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は、従来品に比べて、軽量化によるコスト低減だけでなく、作業性の向上や工期の短縮が期待され、小ロット・多品種対応も可能である。

4. 適用事例

ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の用途例として、図17に屋外階段の梁に、図18に太陽光パネル架台に適用された事例を示す。

屋外階段の事例では、従来材として軽量溝形鋼同士を背中合わせにしたH形状の形鋼が使用されていた。ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の適用により、軽量化が

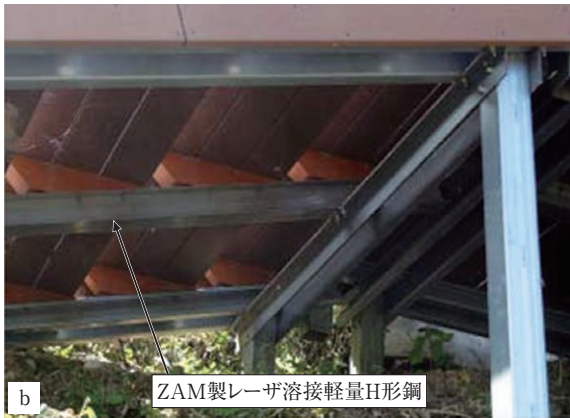


図17 ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の屋外階段の梁への適用例
(a) 屋外階段の外観
(b) 屋外階段の下側

Fig.17 Application example of ZAM-made laser welded light gauge steel H sections for beam of outdoor stairs.
(a) Appearance of outdoor stairs
(b) Underside of outdoor stairs



図18 ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の太陽光パネルの架台への適用例

Fig.18 Application example of ZAM-made laser welded light gauge steel H sections for base frame of solar panel.

図れたと同時に現場での組立作業工程が低減でき、工期を短縮することができた。

太陽光パネル架台の事例では、従来材としてどぶ漬け亜鉛めっきが施されたH形鋼が使用されていた。薄肉のZAM製レーザー溶接軽量H形鋼の適用により、軽量化とどぶ漬け亜鉛めっき工程の省略を達成できた。

5. 結 言

ZAM製レーザー溶接軽量H形鋼は、従来のH形鋼と比べ、小型・薄肉による軽量化が可能であるため、作業性や施工性の改善やコスト低減が期待できる商品である。また、溶接部周辺のみめき損傷を最小限に抑えることができるため、ZAMの高耐食性を十分に活用できる。さらに、建築基準法第37条第二号認定を取得しているものについては、建築構造用材料として適用できる。

なお本報では、新たなH形鋼として、ZAMを素材としたレーザー溶接軽量H形鋼について紹介したが、ZAM以外の素材を使用環境に応じて選択することも可能である。従来にない小型・薄肉・軽量なH形鋼であり、素材選択の自由度もあることから、今後の社会動向の変化に応じた設計に貢献し、様々な分野に広く適用されると考えている。

参考文献

- 1) 真部保良, 江村英哲, 橋本かをり: 日経アーキテクチャ, 1055 (2015), 37.
- 2) 佐藤隆良: 日経アーキテクチャ, 1054 (2015), 19.
- 3) 家成徹, 桜田康弘, 仲子武文, 温品誠二, 川口洋充, 朝田博: 日新製鋼技報, 92 (2011), 91.
- 4) 朝田博, 桜田康弘, 家成徹: レーザ加工学会講演論文集, 81 (2014), 15.
- 5) 朝田博: 日本建築学会梗概集, (2012), 31.