

## スマートビーム®の新製品と利用技術

## New Product and Utilization Technology of SMart BEAM™

穴戸 唯一*	小林 努	秋岡 幸司
Yuichi SHISHIDO	Tsutomu KOBAYASHI	Koji AKIOKA
中安 誠明	大島 康弘	金山 和
Nariaki NAKAYASU	Yasuhiro OHSHIMA	Yawara KANAYAMA

## 抄 録

スマートビーム®は、新日鐵住金(株)が製造する溶接軽量H形鋼であり、主に鉄骨系プレハブ住宅の梁材として使用されており、日本国内における市場シェアは8割を超えている。旧住友金属工業(株)で培われた溶接軽量H形鋼の製造技術と、旧新日本製鐵(株)で培われた高耐食性めっき鋼板“スーパーダイマ®”の製造技術を融合させ、高耐食性溶接軽量H形鋼“SDスマートビーム®”を開発、商品化した。また、SDスマートビームの活用方法として、木造住宅向けに木質梁では課題が多い大スパン部分にスマートビームを適用する開発を行い、市場に提案している。SDスマートビームの開発、木造大スパン向けの技術開発についてその一端を紹介した。

## Abstract

SMart BEAM™ is a welded light gauge H section steel manufactured by Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation, which primarily has been used as a beam material of steel prefabricated house, whose market share in Japan has been over 80%. Recently, the manufacturing technology of welded light gauge H section steel, which has been established in the former Sumitomo Metal Industries, Ltd., is combined with the manufacturing technology of highly corrosion-resistant steel sheet, which has been brought up in the former Nippon Steel Corporation as “SuperDyma™”, succeeding in developing and commercializing high corrosion resistance welded light gauge H section steel “SD-SMartBEAM™”. In addition, the utilizing method of SMart BEAM, which can ease the vertical vibration problems, has been developed and proposed to the market as the substitute for wooden beams of the wooden houses, especially for the large span part. In this paper, a brief outline, as for the SD-SMartBEAM and the substitution technology for large span wooden beam, is introduced.

## 1. はじめに

スマートビーム®は、新日鐵住金(株)が製造する溶接軽量H形鋼(以下、軽量H)である。スマートビームは、熱間圧延鋼帯を使用し連続的に溶接し成形するH形鋼である。その製造方法は、図1に示すように、所定の幅にスリットされた2つの熱間圧延鋼帯を使用し、その片方のコイルを半切し上下のフランジの位置に、他方をねじって縦にしウェブ位置に誘導し、その後、ウェブ-フランジ間に高周波電流を供給しアークを発生させ母材同士を溶融し圧接する高周波抵抗溶接を使用し製造する。

スマートビームは、その製造方法の違いから、熱間圧延H形鋼(以下、ロールH)に比べ“板厚の薄いH形鋼を製

造できる”、“高い寸法精度を有している”、“熱間圧延鋼帯を母材として使用しているため表面が平滑で電着塗装や粉体塗装との相性が良い”などの特徴を有している。

製品規格は、400N/mm<sup>2</sup>級の軽量Hについては、JIS G 3353(一般構造用溶接軽量H形鋼)のSWH400として規定されており、建築基準法で第37条第1項の指定建築材料として指定され建築物の主要構造に使用することが可能である。また、新日鐵住金では、490N/mm<sup>2</sup>級の軽量Hも製造しており、NSSWH490として新日鐵住金販売品規格を規定している。なお、NSSWH490については、建築基準法第37条第2項の大臣認定を取得しており、建築物の主要構造に使用可能となっている。

新日鐵住金では、1973年10月より営業生産を開始し、

\* 建材事業部 建材開発技術部 建築建材技術室 主幹 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

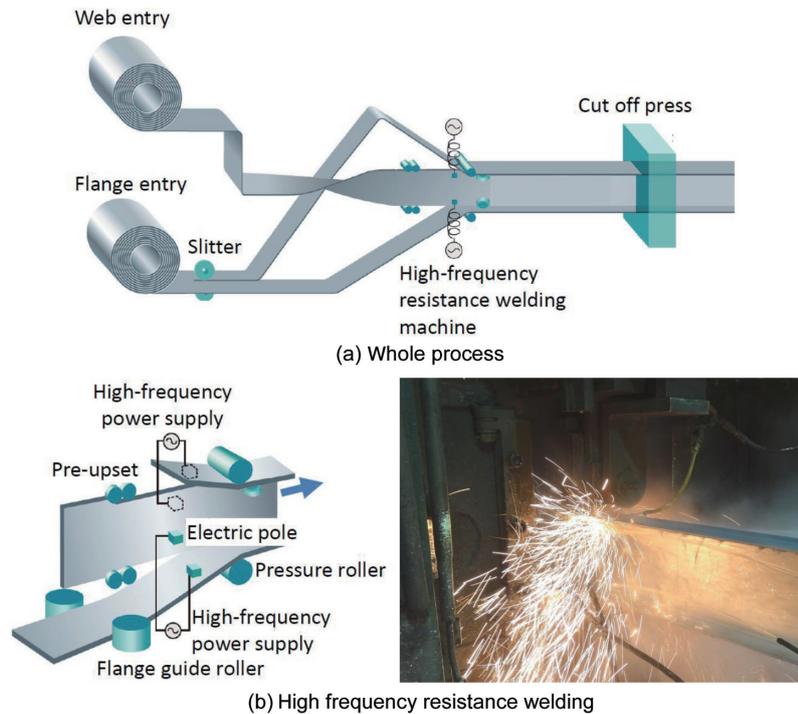


図1 スマートビームの製造方法  
Manufacturing process of a smart beam

その累計生産量は2014年7月には500万tに達している。当初、軽量Hは鋼材重量削減の観点から工場等の低層建築物の主架構にも多く使用されてきたが、時代とともに、工場等が大型化し主架構用の鋼材としてはロールHにその主流が移っていった。一方、1970年代の終わり頃より、鉄骨系プレハブ住宅において、それまで使用されてきた2本の軽量溝形鋼を背中合わせた梁材に代えて、その断面性能の効率より軽量Hが採用され始めた。

この背景には、軽量Hの特徴である、比較的薄い板厚が製造可能であり、寸法精度が非常に良く、表面が平滑であることから、パンチ加工機による孔加工、せん断での部材切断、電着塗装などの自動加工ラインとの相性が良かったことが挙げられる。以降、鉄骨系プレハブ住宅が初期の仮設建築の延長線から脱却し、高品質な工業化住宅として普及するに伴い、軽量Hはその梁材のスタンダードとしての位置付けを確立してきた。また、軽量Hの鉄骨系プレハブ住宅での普及において、新日鐵住金の存在は大きく、その品質、製造能力を背景に8割以上を供給するに至っている。

スマートビームは、上述の特徴の他に、母材となる鋼帯を選択することにより、黒皮仕様とプレめっき仕様の両方が製造可能であるとの特徴を有している。黒皮仕様は、母材に熱間圧延鋼帯を使用しており、需要家にて孔あけ、溶接等の加工後に部材全体に塗装を施す場合に使用される。プレめっき仕様は、現状、母材鋼帯に溶融亜鉛めっき鋼帯(GI)を使用しており、GIのめっき付着量の標準仕様は、“住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下、品確法）”で規

定される劣化対策等級の最上位に区分される等級3（評価基準：構造躯体が3世代（75～90年）もつ程度の対策）を満足するZ27（両面の合計付着量275g/m<sup>2</sup>）としている。

プレめっき仕様の主な用途は、木質系プレハブ住宅の部材や木造住宅の小梁である。スマートビームを木造建築で使用する場合には、品確法の劣化対策（耐食性）への対応なども含め、ほとんどのケースでプレめっき仕様となる。

新日鐵住金では、木質系の住宅部材などのプレめっき仕様の使用分野に向け、更なる性能向上策として、めっきの付着量を減らしてもGIに対して高い耐食性能をもつ高耐食性めっき鋼板“スーパーダイマ®”を母材に使用したスマートビームである“SDスマートビーム®(以下、SD-SMB®)”を開発、商品化した。

本報では、まず、商品化したSD-SMBの概要を紹介する。次に、その活用先の一つである木造分野（木質材料での課題が多い大スパン分野へのスマートビームの部分適用）における技術開発についてその一部を紹介する。

## 2. SDスマートビームの開発と商品化

### 2.1 SDスマートビームの商品概要

商品化したSD-SMBは、JIS G 3533 SWH400に適合する400N/mm<sup>2</sup>級の溶接軽量H形鋼である。表1にSD-SMB(SWH400)の機械的性質の規格値を示す。また、表2に使用する母材であるスーパーダイマ鋼帯のめっきの種類と標準仕様を示す。標準の目付仕様はK12としており、フランジとウェブの溶接部（以下、ビード部）、フランジ端面は、水系のシルバー塗料で補修している。

表1 SD-SMB (SWH400) の機械的性質  
Mechanical properties of SD-SMB (SWH400)

Grade	Yield point or proof stress (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)		
			Material thickness (mm)	Test piece	Value
SWH400	245 min	400-510	≤ 5	JIS 5	23 min
			5 <	JIS 1A	18 min

表2 母材鋼帯(スーパーダイマ)のめっきの種類と標準仕様  
Kind and the standard specification of the composed coated steel strips (SuperDyma)

Type of coating	Coating mass symbol	Minimum coating mass		Equivalent thickness of coating (mm)
		Average of 3 points (g/m <sup>2</sup> )	Minimum of 1 point (g/m <sup>2</sup> )	
Hot-dip zinc-aluminum-magnesium alloy coating	K12	120 (total in both sides)	102 (total in both sides)	0.033

SD-SMB の GI 仕様に対するメリットは、耐食性を向上させたことにより、めっきの付着量を低減させることが可能となり溶接等の加工性の向上がはかれる点が挙げられる。また、母材となる鋼帯の製造範囲がスーパーダイマ化により拡大するため、フランジ厚さを GI 仕様の 6mm から 9mm に拡大することが可能となる点である。

## 2.2 SD スマートビームの開発

### 2.2.1 スーパーダイマの特徴

SD-SMB の母材として使用するスーパーダイマは、亜鉛に 11 mass% のアルミニウム、3 mass% のマグネシウムおよび微量シリコンを添加することで、耐食性を亜鉛めっき鋼板に対して大幅に向上させた溶融めっき鋼板である。

上述の添加元素によりスーパーダイマは特徴的なめっき層構成を有している。図2に断面二次電子(SE)像と、Electron probe micro analyzer (EPMA) による元素分布を示す。そのめっき凝固組織は初晶 Al 相、MgZn<sub>2</sub> 金属間化合物および Al 相/Zn 相/MgZn<sub>2</sub> からなる三元共晶組織を示す。スーパーダイマの耐食性向上のメカニズムは、腐食初期には Mg と Si を含有する緻密な腐食生成物がめっき表層を覆うことで保護作用を有する皮膜が形成されることによるものと考えられている<sup>2)</sup>。

図3にスーパーダイマの無塗装での屋外暴露試験における腐食量を示す。田園環境で溶融亜鉛めっきの約 3.8 倍、海岸・亜熱帯環境で約 5.1 倍の高耐食性を示し、品確法の特別評価方法認定により、GI 対して 3.8 倍の耐食性を持つとの評価を得ている。また、高耐食性めっき鋼板の普及に伴い、2012 年に JIS G 3323 (溶融亜鉛-アルミニウム-マグネシウム合金めっき鋼板及び鋼帯)として JIS 化されおり、スーパーダイマは当該 JIS に適合する溶融めっき鋼板となっている。

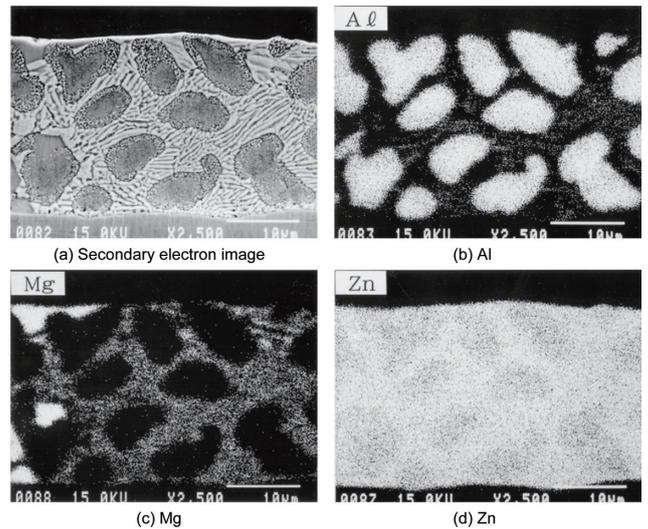
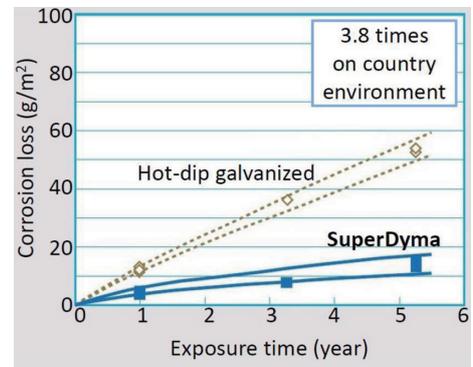
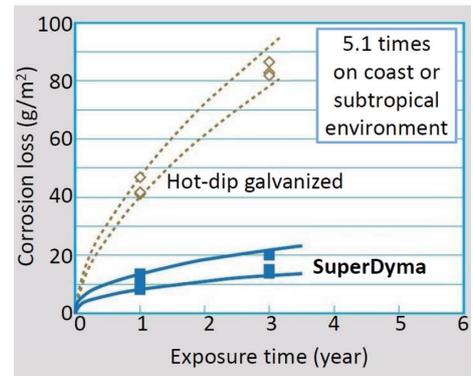


図2 SD めっき層の断面凝固組織  
Section solidification structure of "SuperDyma"



(a) Country environment



(b) Coast or subtropical environment

図3 SD の屋外暴露環境における腐食量  
Quantity of corrosion in the outdoor exposure environment of "SuperDyma"

(“国土交通省:特別評価方法認定書 国住生第 342 号試験結果の証明書”からの抜粋)

### 2.2.2 SD スマートビームの耐食性評価

SD-SMB は、その母材をスーパーダイマとしているが、ビード部、およびフランジ端面についてはめっきが存在しない状態となっており、補修が必要な部位となる。特に、ビード部はフランジとウェブを接合する構造上重要な部位であるため、使用目的に応じた適切な補修が必要である。

商品化した SD-SMB は、屋内環境用途を対象としたもの

であるため、補修方法は色調調整も含め、アルミニウム鱗片入りの水系シルバー色塗料を使用し補修を施している。図4に補修塗装後の外観を示す。

商品化にあたって、屋内環境下での使用を想定した耐食性の確認を目的として、促進試験を実施している。屋内用途として代表的な住宅環境を想定し、住宅関連の鋼材製品で最も一般的に評価に使用される JASO-CCT 試験 (JASO-M609: 日本自動車技術会規格による複合サイクル試験, 以下, JASO 試験) にて評価を実施した。JASO 試験とは、5% 塩水噴霧 (2時間), 乾燥状態 (4時間), 湿潤状態 (2時間) の8時間を1サイクルとして複数サイクルを繰り返す試験であり、早ければ45サイクル程度で品確法の耐久性の等級3として規定されている Z27 (GIで最小付着量で両面の合計 275 g/m<sup>2</sup>) の健全部に赤錆が発生し始めると言われている。また、JASO 試験と併せ、JIS Z 2371 に準拠した中性塩水噴霧試験 (以下, SST) と湿潤試験に関しても比較評価を行っている。

供試材を表3に示す。試験体は実製造ラインで製造された SD-SMB を 150mm 程度の短尺に切断し、ウェブ材中央で切断したカット T 形状とした。促進試験に使用した SD-SMB のめっき付着量は、安全側の評価ができるよう、標準仕様の K12 よりめっきの付着量が少ない K08 (最小付着量

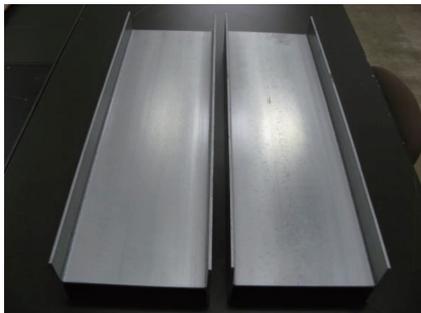
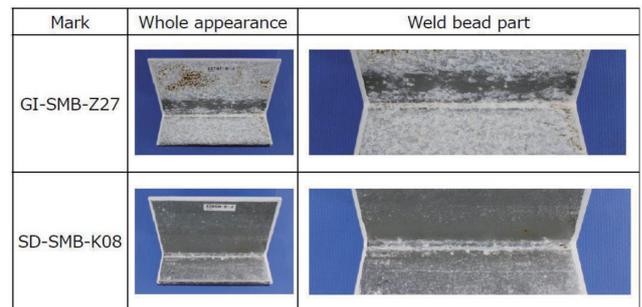


図4 SD スマートビームの外観  
Appearance of SD-SMArtBEAM

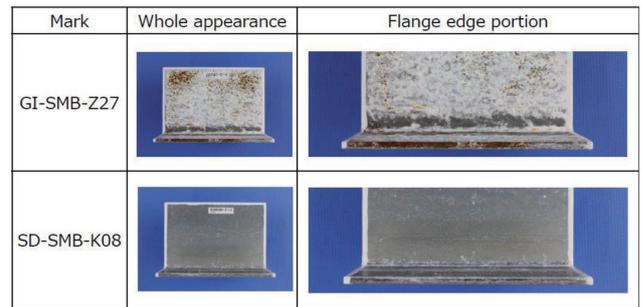
で両面の合計 80 g/m<sup>2</sup>) とした。GI-SMB-Z27 は、現在製造している母材に GI を使用したスマートビームであり、評価の比較対象材である。

図5に JASO 試験 90 サイクル後の試験後外観を示す。めっき一般面では GI-SMB-Z27 ではウェブ材で一部に明瞭な赤錆発生が見られ、フランジ材もほぼ全面白錆に覆われているのに対し、SD-SMB-K08 では白錆発生面積が少なく、高耐食性能が確認された。一方で補修塗装を施した溶接ビード部では両供試材とも若干の赤錆発生が見られ、ほぼ差がない耐食性能を示す結果となった。

表4に GI-SMB-Z27 との比較評価結果を示す。めっき一般面については SD-SMB では標準仕様よりめっき付着量の



(a) Weld bead part



(b) Flange edge portion

図5 JASO 試験 90 サイクル後の外観  
Appearance after JASO-test (90 cyc)

表3 耐食性促進評価に使用した供試材  
Test pieces for corrosion resistance evaluation

Mark	Coating type of composed steel strips	Thickness $t_w \times t_f$ (mm)	Coating mass symbol	Standard value of minimum coating mass (g/m <sup>2</sup> )	Touchup of the weld bead part
GI-SMB-Z27	Hot-dip galvanized	3.2 × 4.5	Z27	Average of 3 points (total in both sides) 275	Waterborne silver paint
SD-SMB-K08	SuperDyma	4.5 × 4.5	K08	Average of 3 points (total in both sides) 80	Waterborne silver paint

表4 SD スマートビームの耐食性評価結果  
Corrosion resistance evaluation result of "SD-SMArtBEAM"

Mark	JASO 45 cyc			JASO 90 cyc			(Reference data)	
	Coated surface	Weld bead part	Flange edge portion (reference)	Coated surface	Weld bead part	Flange edge portion (reference)	Salt spray testing 960 h	Humidity cabinet test 1000 h
SD-SMB-K08	○	○	○	◎	○	○	○	○

◎ : Better than GI-SMB-Z27 ○ : Equal to GI-SMB-Z27

少ない K08 でも GI-SMB より優れた耐食性を示し、補修塗装部はビード部およびフランジエッジともに GI-SMB-Z27 と同等の耐食性を有していることが確認された。

### 3. スマートビームの木造建築物への適用と振動居住性評価

#### 3.1 木造住宅分野への取組み

SD-SMB の活用先の一つである、木造住宅分野では、その技術の延長線として、介護老人保健施設等の木造建築への展開が進みつつある。その背景には、“公共建築部等における木材の利用の促進に関する法律”が 2010 年に施行されるなど、木造建築の普及を進める方向性が行政レベルでも示されており、木造住宅を含めた木造建築と鋼材の共生は、鉄鋼メーカーとして必須の課題となっている。

木質材料は、温もり感や加工のしやすさなどから、戸建て住宅では広く利用されているが、通常の住宅を超える規模となる介護老人保健施設などに代表される木造建築や店舗併用等で大きなスパンを必要とする場合は、クリープ現象（長期間の時間経過に伴い変形が進行する現象で、床鳴り等の原因となる）や製造工程の煩雑さからくる高コストなどの多くの課題を持つことも事実である。

これらの木造建築の現状、木質材料の特性を踏まえ、新日鐵住金では、在来木造住宅や木造建築の大スパン部分にスマートビームを適用させるための技術開発や、“枠組壁工法(2×4工法)告示(国土交通省告示第 1540 号, 第 1541 号)”への軽量 H の織込などを進めている。

木造分野へのスマートビーム適用の技術開発としては、その第一弾として、金物メーカー(株)タツミと共同で、木造の小梁を対象とし、プレめっきのスマートビームを使用した“木造向けスマートビーム工法”を開発し、市場に提案を始めている。

#### 3.2 スマートビーム工法とは

スマートビーム工法は、図6に示すように、木質材料（構造用集成材）の大梁や柱とスマートビームを金物を使用しボルト接合する工法である。現在の木造建築は、その過半が金物とボルトで接合される金物工法となっているため、金物の取り付けディテールの整合等をはかる必要がある。そこで、木造金物工法の最大手であるタツミと本工法を共同で開発し、他の木質部位を従来の構造としたまま大スパン部の小梁や小屋梁のみにスマートビームを使用できるよう配慮した工法として開発した。使用用途は、1階部分を大スパンとした店舗併用住宅や介護老人保健施設の食堂部などとなる。なお、スマートビーム工法は、(一財)日本建築センターの評定を取得しており、評定に従った設計をすることで4号建築物と言われる小規模木造建築への確認申請等の実務上の対応を容易にしている。図7には、スマートビーム工法の実際の適用事例を示す。

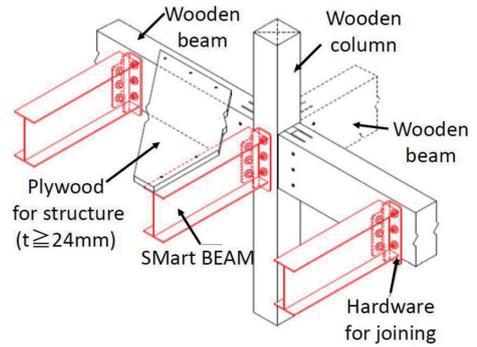


図6 スマートビーム工法の接合部  
Joint system of “SMart BEAM” construction method



図7 スマートビーム工法の適用事例  
Application case of “SMart BEAM” construction method

#### 3.3 スマートビーム工法の振動性状

スマートビーム工法の開発、適用範囲拡大においては、その大きな技術課題は、振動居住性の確保である。本節では、現在のスマートビーム工法の性能検証と今後の適用範囲拡大を目的に実施した、居住性の評価、および居住性確保のため対策検討について述べる。

##### 3.3.1 居住性の評価方法と大スパン時の性能低下要因

本報での振動居住性の評価は、建築学会指針に規定される指標  $VI(2)$  に基づいて行うこととする<sup>3)</sup>。 $VI(2)$  は式(1)で表現され、値が小さいほど性能が良いことを示す。式(1)中、 $D_{max}$  は床の最大変位、 $V_m$  は  $D_{max}$  を振動開始時刻から最大変位に到達するまでの時間  $T_m$  で除したもの、 $T_h$  は床の加速度振幅が  $14.1 \text{ cm/s}^2$  まで減衰するのに要する時間である。

$$VI(2) = 0.2 \log D_{max} + 0.5 \log V_m + \log T_h \quad (1)$$

同式より、本評価における性能を向上するためには、最大変位や最大変位に達する際の速度を低減し、加速度を早期に減衰させることが必要であることがわかる。このことから逆に、床を大スパン化すると、“静的な変位と同様に動的な最大変位  $D_{max}$  が増加、更に  $D_{max}$  の関数である  $V_m$  も増加する”、“床の固有振動数が低下し、人間の歩行などの動作による振動と共振しやすくなる”などの理由で一般的には振動居住性が低下する傾向がある。

以上を踏まえつつ、次項にて、スマートビーム工法を大

スパンに適用した場合の振動居住性を実験で評価する。

### 3.3.2 振動居住性の実験評価

表5に、評価対象の試験体3体を示す。また図8に、代表として、試験体3を床下から見上げた様子を示す。なお、スマートビーム工法の最終商品においては、防錆の観点から梁にはプレめっき仕様のスマートビームが使用されるが、本試験においては簡易防錆用の赤色塗装したものをを用いている。

試験体1は、一般的な木造床を想定しており、十分な振動居住性を有するもので、本実験における基準試験体とする。試験体1と2は住宅で一般的に使用される大スパンである5460mmとし、梁（使用部位は小梁であるが、簡略化のため、以下では梁と称す）は試験体1では集成材、試験体2ではスマートビームとする。試験体3は大型住宅や木造建築で使用される大スパンを想定した7280mmとし、梁はスマートビームとする。梁の断面寸法は、試験体1と2ではたわみがスパンの1/600(9.1mm)程度以下となるように選定している。

一方、試験体3では、前項の振動居住性能の低下を避けるため、たわみがスパンの1/1120(6.5mm)程度以下となるように、相対的に高剛性な断面を選定している。梁をスマートビームとした試験体においては、梁と床面材である24mmの構造用合板はドリルねじで接合する。外周部の梁（大梁や胴差に相当する部分）と試験体の梁（小梁）は、金物を介して中ボルトで接合する。また、梁は幅方向に910mmピッチで設置する。

加振と計測は、床のスパン方向と幅方向の中央部で行う。加振は、床上の歩行を模擬して、重さ3kgの粘土塊を高さ



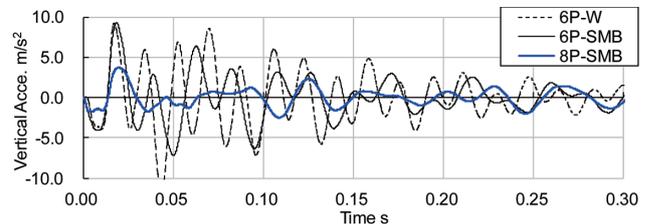
図8 試験体3（床下から見上げ）  
Test body No.3 (look up from lower level)

400mmから自由落下させた。計測は、鉛直方向上向きを正符号とし、梁下フランジのウェブ芯上に設置した加速度計とレーザー変位計を用いて行う。

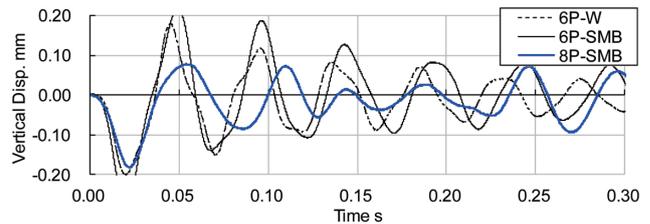
図9に、試験体3体分の加速度と変位の時刻歴応答の計測結果を示す。試験体1と2を比較した場合、振動居住性の評価に影響する最大変位や最大変位に達する際の実速度、加速度の減衰時間は概ね近い値を示していることがわかる。本試験が、模擬加振であることより絶対値の評価は難しいが、相対的に評価すれば、試験体1と2は概ね同等の居住性を示していると判断できる。一方、試験体3では、最大変位や最大加速度は他の試験体に比べ小さな値を示しており、前述の通り、他の試験体に比べて相対的に高剛性な梁を用いた効果が得られていると考える。しかし、加速度、変位ともににおいて、振幅が一度小さくなった後に再度大きくなる“うなり”が観察された。

ここで、うなりは物理学の用語として、振動数がわずかに異なる2つの波が干渉し、振幅がゆっくり周期的に変わる合成波を生ずる現象を示す。参考として図10に、振幅の値1における振動数20Hz、22Hzの正弦波2波、およびそれらの合成波を示す。図から、1Hz（正弦波2波の振動数の差の半分）のうなりを有する合成波が生じていることがわかる。

表6に、前述の指標VI(2)での評価結果を示す。時刻歴応答の観察結果と同様に、試験体1と2は概ね同等の居住



(a) Vertical acceleration response



(b) Vertical displacement response

図9 加速度、変位の時刻歴応答結果  
Time history responses result of acceleration and displacement

表5 試験体  
Test body

Test body		Floor		Beam	Wooden girder section
No.	Name	Span (mm)	Width (mm)	Material / section	
1	6P-W	5460	3640	Glue laminate timber / 105 × 330	105 × 360
2	6P-SMB	5460	3640	SMB / 300 × 100 × 3.2 × 3.2	105 × 360
3	8P-SMB	7280	7280	SMB / 400 × 135 × 4.5 × 6.0	105 × 240

性と評価できる結果となった。一方、試験体3では、試験体1と2に比べて、高剛性梁の効果で最大変位が小さくなっているにも関わらず、うなりの影響と考えるが、加速度の減衰時間が長くなっており、居住性が低下している。

居住性を低下させるうなりの把握のため、試験体3について振動性状の分析を行った。図11に、試験体3の加速度応答のFast fourier transform (FFT) 分析結果を示す。図から、試験体3は、16.4, 20.0, 28.2, および38.2Hzといった振動数に応答のピークを有することがわかる。一定の周波数範囲に振動数の近い複数の振動モードが存在することにより、試験体3ではうなりが生じていると考えられる。

また図12に、実験モード解析の結果として、図11のピーク振動数付近での床のモード形状を示す。実験モード解析

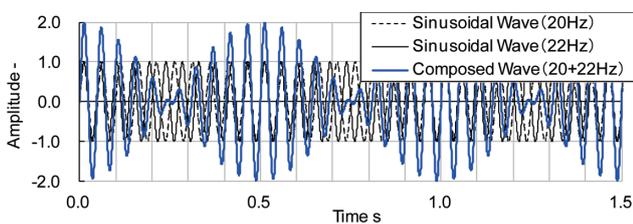


図10 振動数に近い2波の合成波のうなり  
Beat of composed wave caused by 2 waves in narrow-band frequency-band

表6 VI(2) の評価結果  
Evaluation result of VI(2)

Test body		$D_{max}$ (mm)	$V_m$ (mm/s)	$T_h$ (s)	VI(2)
No.	Name				
1	6P-W	0.201	9.98	1.258	-0.240
2	6P-SMB	0.262	13.53	1.114	-0.204
3	8P-SMB	0.183	8.36	1.842	-0.121
-	8P-C.M.ed	0.051	2.18	0.794	-0.890

は、面内の対称性を考慮し、試験体の1/4の範囲を対象に実施している。図の左右方向がスパン方向を示し、モード図中の右下の○は床中央部を示す。同図は、最大振幅を1として規準化したモードベクトルのコンター図として示す。また、図中の点線は試験体外周の木胴差部を示す。図から、前述の振動数付近において試験体3は、床中央部を腹としつつ、スパンと直交方向(幅方向)に振動モードの腹が増えるように高次化して振動することがわかる。

### 3.3.3 梁の振動性状の分析

うなりの把握のため、前節の実験モード解析の結果を踏まえつつ、数値解析を行い、梁の振動性状を分析する。

解析には汎用ソフトウェアのANSYSを使用し、面材と梁はともにシェル要素とした。また解析対象は床全体とした。図13に振動固有値解析結果として床と梁の振動モード形状を示す。同図は、図12と同様、最大振幅を1として規準化したモードベクトルのコンター図として示す。図13から、数値解析結果(a)~(d)は、実験結果の図12(a)~(d)と比較して、振動数で最大1割程度の差異を有するものの、モード形状はよく再現できていることがわかる。また図13から、スマートビームは、床面材により上フランジの移動

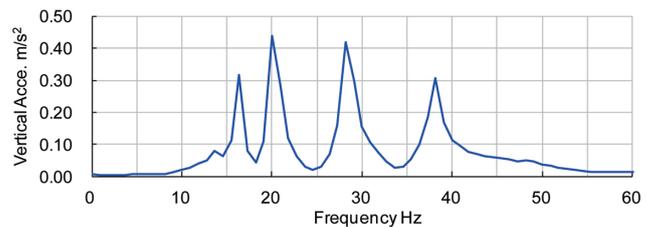


図11 加速度応答のFFT分析結果  
Result of FFT analysis of the acceleration response

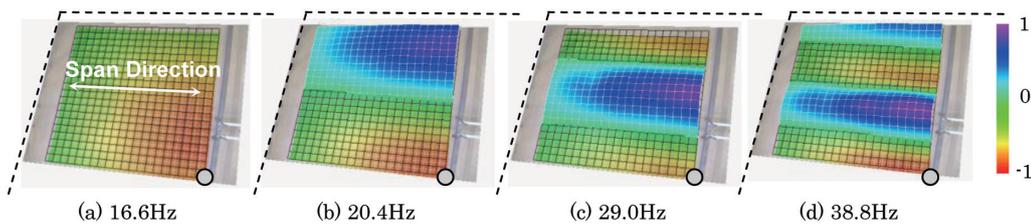


図12 床の振動モード  
Vibration mode of the floor

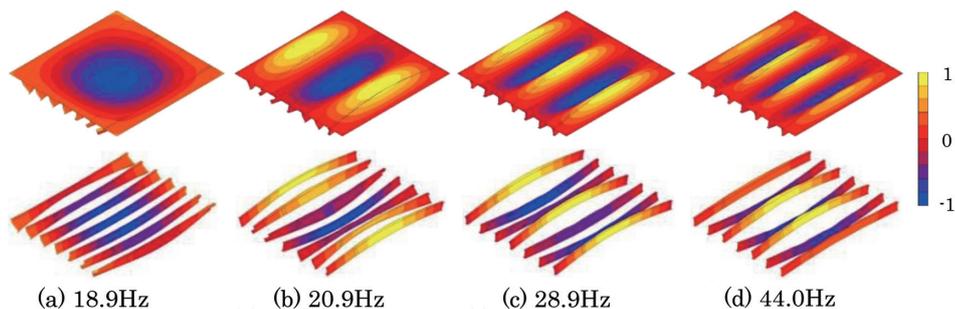


図13 床と梁の振動モード(上:床表示あり, 下:なし)  
Vibration mode of the floor and the beams

は拘束されているが下フランジは拘束されていないため、梁によっては部材軸方向にねじれて振動していることがわかる。この梁のねじれ振動は、各梁で独立して生じるため、床のスペンが大きくなり幅方向に配置される梁の本数も増えると、振動数が同程度の複数の振動モードが生じることとなり、床の応答にうなりが生じると推察され、うなりの解消には、この梁のねじれ振動の抑制が必要と言える。

### 3.3.4 振動居住性向上のための対策一例

スペン 7.2m 程度の大スペンにおいてもうなりを回避し、振動居住性を向上する対策の一例として、梁を部分的に格子状に配置することを考えた。図 14 に、前述の試験体 3 に対策を施した様子を示す。また図 15 に、粘土加振時の加速度の時刻歴応答を対策前後で比較して示す。図から、梁を部分的に格子状に配置する対策により、加速度応答が早期に減衰されていることがわかる。また、図 16 から対策後には振動モードが 1 つに収束しているとおおり、うなりの原因となる振動数の近い領域でのモードが消失していることがわかる。VI(2) も -0.890 となり、前述の表 6 から、



図 14 対策後の試験体（床下から見上げ）  
Test body after the countermeasure

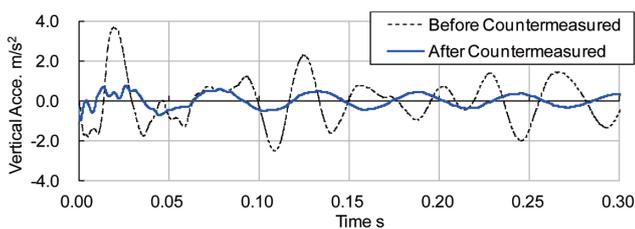


図 15 対策前後の加速度の時刻歴応答の比較

Comparison of the acceleration responses before and after the countermeasure

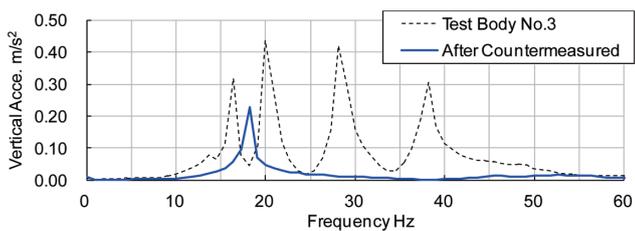


図 16 対策前後の加速度応答の FFT 分析結果の比較

Comparison of the FFT analysis results before and after the countermeasure

振動居住性が木造床以上に向上する結果となった。

## 4. おわりに

本報では、“高耐食性プレめっき溶接軽量 H 形鋼 (SD スマートビーム)”の商品開発、およびプレめっき軽量 H の活用市場としても期待される木造の大スペン分野への技術開発を紹介した。新日鐵住金では、今後も、SD スマートビームの更なる性能向上、適用先の拡大、木造分野を含めた技術開発を活用した SD スマートビームの普及に取り組んでいく。

### 参照文献

- 1) 山田亘, 本田和彦, 田中幸基, 畑中英利, 潮田浩作: Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Siめっき層凝固組織と状態図. 新日鉄技報. (392), 38-44 (2012)
- 2) 森本康秀, 黒崎将夫, 本田和彦, 西村一実, 田中暁, 高橋彰, 新頭英俊: Zn-11%Al-3%Mg-0.2%Siめっき鋼板の耐食性. 鉄と鋼. 89, 161-165 (2003)
- 3) (一社)日本建築学会: 建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説. 2004



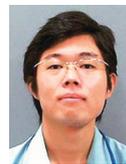
宍戸唯一 Yuichi SHISHIDO  
建材事業部 建材開発技術部  
建築建材技術室 主幹  
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



小林 努 Tsutomu KOBAYASHI  
建材事業部 建材開発技術部  
建築建材技術室 主幹



秋岡幸司 Koji AKIOKA  
鉄鋼研究所 表面処理研究部 主幹研究員



中安誠明 Nariaki NAKAYASU  
鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主幹研究員



大島康弘 Yasuhiro OHSHIMA  
鹿島製鉄所 形鋼部 形鋼技術室 主幹



金山 和 Yawara KANAYAMA  
鹿島製鉄所 品質管理部 形鋼管理室 主幹