

技術論文

薄板軽量形鋼造の変遷と 4 階建てスチールハウス工法の開発

Transition of Light-Gauge Steel Framed Houses and
Development of 4-Story Steel-Structured Housing Method藤 内 繁 明*
Shigeaki TOHNAI海 原 広 幸
Hiroyuki KAIBARA平 川 智 久
Tomohisa HIRAKAWA藤 橋 一 紀
Kazunori FUJIIHASHI川 上 寛 明
Hiroaki KAWAKAMI眞 有 信 博
Nobuhiro MAARI河 合 良 道
Yoshimichi KAWAI田 中 浩 史
Hiroshi TANAKA

抄 録

2001 年 11 月、薄板軽量形鋼造は、新たな建築工法としてわが国の建築基準法の中に告示化された。2012 年 9 月には告示が改正され、薄板軽量形鋼造の階数制限緩和や他構造との混構造が可能となるなど、設計自由度が拡大された。新日鐵住金(株)は、告示の動きと並走しながら、独自のスチールハウス工法の開発を進め、耐力壁や接合金物の高強度化とメンブレンによる耐火性能向上を図り、3 階建て、4 階建てを実現した。

Abstract

In November 2001, light-gauge steel framed houses were legislated under a Building Standard Law in Japan as a new structural system. In September 2012, the notification was revised. Then, as for the light-gauge steel framed houses, limit of the number of stories is relaxed, blended structure with other structure is enabled, and design flexibility is extended. With notification revision, we had developed the original steel-structured housing system, realized 3-storied and 4 storied houses at last, by developing high strength bearing wall and joining hardware, improving fireproof performance of membrane.

1. はじめに

薄板軽量形鋼造を代表するスチールハウス(写真1)は、構造性能や防耐火性能をはじめ、外張断熱・通気工法による温熱性能や省エネルギー性能の確保と向上に向けた開発を通して、市場や顧客から高い評価を得つつ、認知されてきた。スチールハウス工法は、工場生産パネルによる高品質化や現場施工の短工期化等により、競争力が高い工法である。

本論では、鉄鋼会社を中心に取り組んできたスチールハウス工法の特徴を先ず述べる。次に、スチールハウス工法の低層建築市場への普及を目的とした薄板軽量形鋼造の技術基準(平成13年国土交通省告示第1641号)制定と改正の概要を論ずる。更に、上記告示の動きと並走して、新日鐵住金(株)が独自に開発を進めてきた3階建て、4階建てスチールハウス工法と、設計や建築確認申請手続きの利便性向上を目指して取得した公的認可を紹介する。

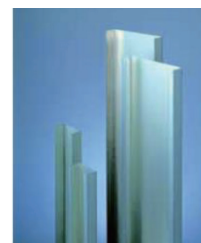


写真1 スチールハウスと薄板軽量形鋼
Steel framed house and light-gauge shaped steel

2. スチールハウス工法の特徴

スチールハウス工法は、図1に示すように、枠組壁工法(ツーバイフォー)の枠組材を、木材から厚さ1.0mm前後の表面処理された薄板軽量形鋼(スチール)に置き換えたもので、合板や石膏ボードなどの構造面材をドリルねじで枠組に固定して壁パネルや床パネルを構成し、これらを

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

箱のように組み立てる工法である。

スチールハウス工法の代表的な外壁とその壁体内構成を図2に示す。構造躯体は薄板軽量形鋼と構造面材をドリルねじで一体化したパネルで構成され、屋外側の住宅空間全体を断熱材と通気層で覆った“外張断熱・通気工法”を標準仕様としている。更に、屋外側には窯業系の外装材、室

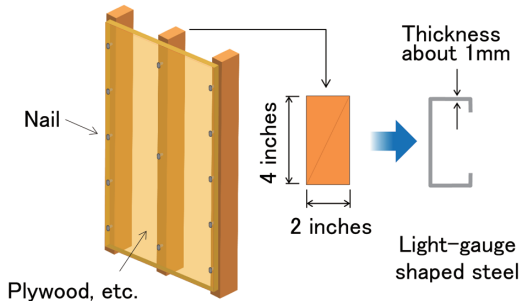


図1 2×4木材と薄板軽量形鋼
2×4 wooden frame and light-gauge shaped steel

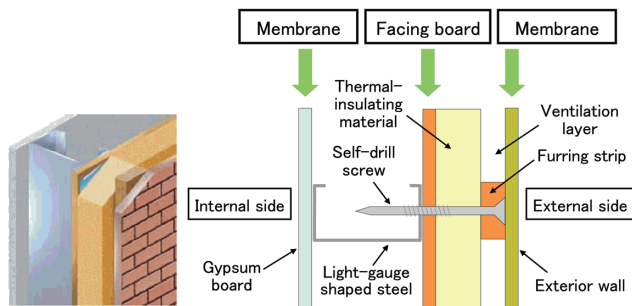


図2 スチールハウス工法の外壁と壁体内構成
Exterior wall structure of steel framed houses



写真2 工場での構造パネル製作状況
Scene of structural panel production in factory



写真3 ドリルねじによるパネル接合
Jointing method for structural panel with self-drill screw

内側には石こうボードといったメンブレンが配置される。これらの薄板軽量形鋼と構造面材、断熱材、メンブレンが一体となり、構造、防耐火、断熱、遮音といった住宅に要求される性能を高いレベルで発揮することができる。

構造パネルは写真2のように工場で生産され、現場では構造パネルどうしを写真3のようにドリルねじで接合するため、施工が容易である。また、現場工数が少ないことから、短工期で建設可能であり、かつコスト競争力がある工法である。

3. 薄板軽量形鋼造に関する技術基準の変遷

わが国におけるスチールハウス工法は、1994年11月に通商産業省基礎産業局製鉄課(当時)主催のアーバンスチール研究会のテーマのひとつに取り上げられたことが歴史的な第一歩となる。表1に技術基準と法制定の経過を示す。

1995年1月、阪神大震災が発生し、この時、復興用仮設住宅約5万戸のうち、輸入スチールハウスが約3千戸建設され、その後も、海外から多数の認可申請がなされたことから、建設省(当時)は同年7月、“スチールハウス建築物の性能評定・評価基準”²⁾を発表し、建設大臣の特別認定(旧建築基準法第38条認定)による建築が可能となった。これを受け、1996年1月に(社)鋼材倶楽部(現在、(一社)日本鉄鋼連盟)を事務局として鉄鋼6社(川崎製鉄(株)、

表1 スチールハウス工法の技術基準と法制定の経過
History of technical standards and laws fixed for steel framed houses

1994	Steel frame construction method was taken up as one of the themes of a meeting of Urban Steel Society.
	The Great Hanshin Earthquake
1995	Standards announced for Rating & Evaluating Steel-Framed Houses.
1996	Kozai Club (KC) establishes Steel-Framed House Committee.
1997	KC obtains approval of the Minister of Construction based on Article 38 of former Building Standards Law.
1998	KC-type develops steel-framed houses.
	Enactment of Japan's Housing Quality Assurance Act
	Revising of The Building Standards Law
2000	Revision of Article 38 pertaining to KC-type steel-framed houses.
	Notification issued on light-gauge steel-framed houses.
2001	[Steel-framed houses officially recognized as a type of steel framed construction.]
	Article 1-3 of the Enforcement Regulations provides for the approval of the Minister of Construction for KC-type steel-framed houses.
2002	Revision of the Building Standards Law
	[More stringent structural design, examinations and inspections.]
2007	Revision of the notification on light-gauge steel framed houses
	[Limit of the number of stories is relaxed, blended structure with other structure is enabled.]
2012	

(株)神戸製鋼所、新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)、日新製鋼(株)、日本鋼管(株)がスチールハウス委員会を設置し、構造性能、防耐火性能に加え、耐久性、断熱性、遮音性に関する研究を本格化させた。2000年には鋼材倶楽部型（以下、KC型）と称するスチールハウス工法による2階建て戸建て住宅商品が本格発売を開始し、市場における認知度は一気に高まった。

一方、2001年11月には国土交通省から“薄板軽量形鋼造の建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術基準”という告示が制定され、スチールハウスが鉄骨造として建築基準法の中に正式に位置付けられ、3階建て以下の建物が保有水平耐力計算で設計できることとなった。この告示化と、大手住宅メーカーの採用により、着工棟数は、図3に示すように、2005年度で2157棟（約2万戸）にまで拡大した³⁾。

2007年の改正建築基準法による建築確認審査の厳格化に続き、2008年のリーマンショックによる景気後退の影響で住宅用途の建築棟数が大幅に減少したが、告示により建

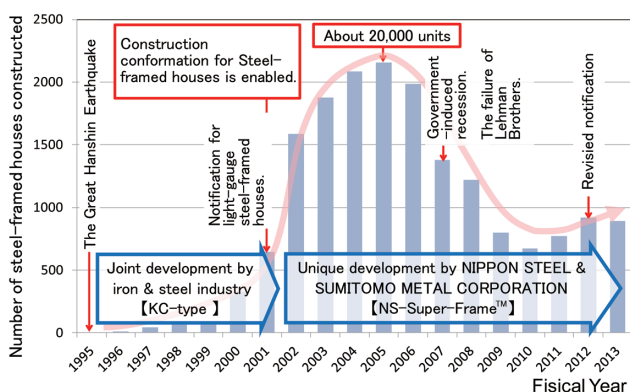


図3 スチールハウスの普及状況

Expansion in number of steel framed houses constructed in Japan

設可能となった3階建てや平家店舗といった新しい形態のスチールハウスの出現で、老人健康福祉施設や店舗などの非住宅用途が大幅に増加したことや、企業の社員住宅や寮への継続採用により、2011年以降も年間当たり700棟以上が建設され続けた。

日本鉄鋼連盟は、薄板軽量形鋼造の設計自由度向上と更なる普及を目的に、階数制限の緩和や他構造との混構造実用化に向けた研究活動を継続し、国土交通省へ告示改正を働きかけた。この結果、2012年9月に改正告示⁴⁾が公布、施行され、図4に示す4階建て薄板軽量形鋼造の建築物や、薄板軽量形鋼造の耐震部材を鉄骨造や鉄筋コンクリート造などの他構造と併用した混構造建築物を保有水平耐力計算で設計することが可能となった⁵⁾。

4. NSスーパーフレーム工法[®]の開発と運用

4.1 2階建てから3階建てへの進化

高い住宅性能を発揮するスチールハウス工法を、広く低層建築市場へ普及させていくため、新日本製鐵（当時）は、薄板軽量形鋼造の告示が公布された2001年に独自のスチールハウス工法として、図5に示すNSスーパーフレーム工法[®]（以下、NSSF工法）の開発に着手した。KC型では実現できていなかった“1時間耐火・3階建て”の実用化に向け、耐火と構造の両面から部材開発を行った。木質系構造面材は可燃性のため1時間耐火性能を確保することが困難であることに加え、3階建ての最下層に作用する地震水平力は2階建ての2倍以上となり、耐力壁量が増加する懸念があることから、木質系よりも耐火性能に優れ、且つ、剛性、強度が高い窯業系面材を構造面材として起用した。

更に、この外側を覆う外装材や内装石膏ボードといったメンブレンの材質や板厚、積層構成を最適化することで、火災に対する非損傷性、遮熱性、および遮炎性を高め、1

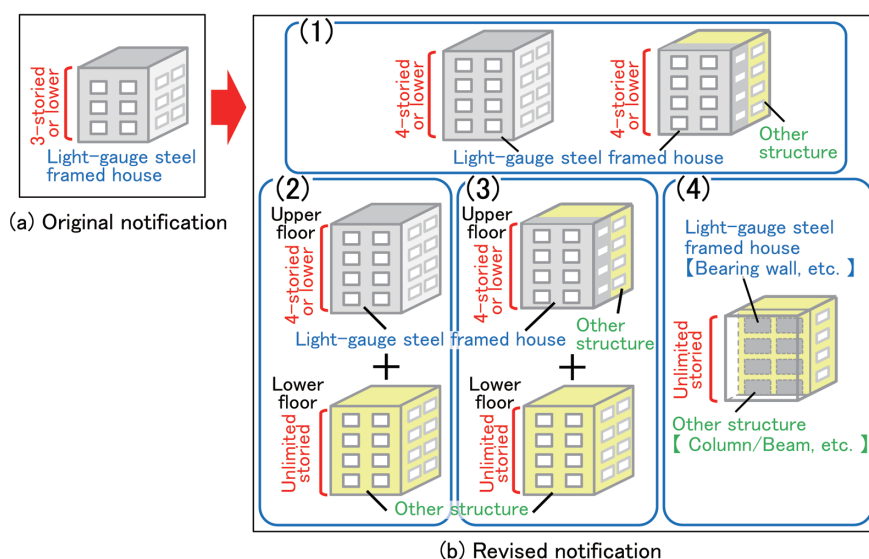


図4 薄板軽量形鋼造の告示改正の概要

Summary of notification revision for light-gauge steel framed houses

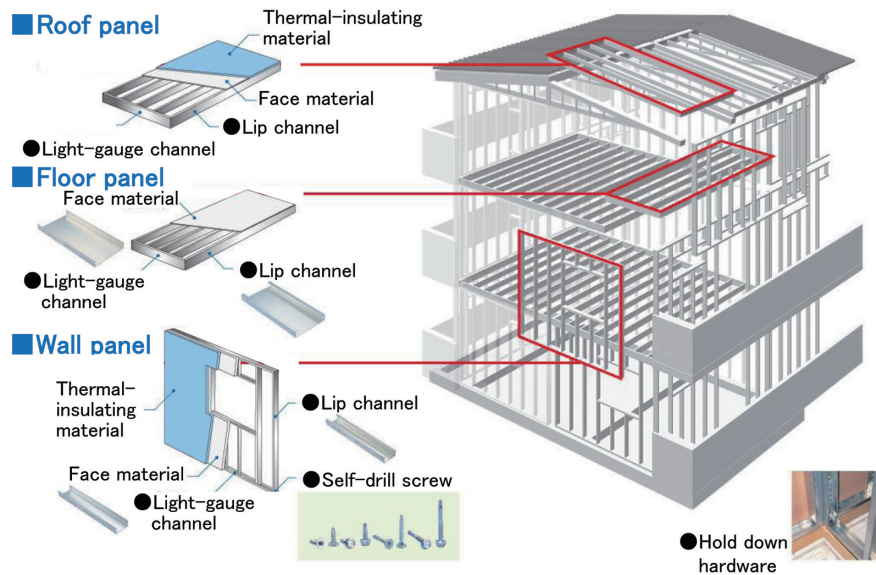


図5 NS スーパーフレーム工法® の構造概要
Structural system of "NS-Super-Frame™"

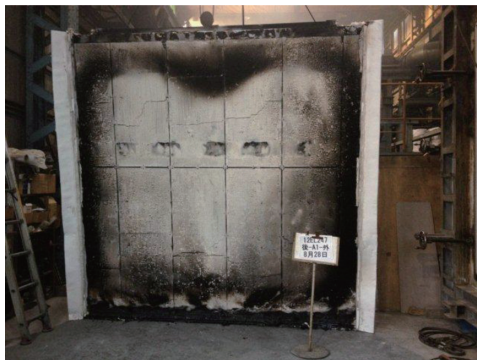


写真4 窯業系面材を用いた外壁耐火性能試験後の様子
Scene of fire-resistive performance test with exterior wall using ceramic-based board

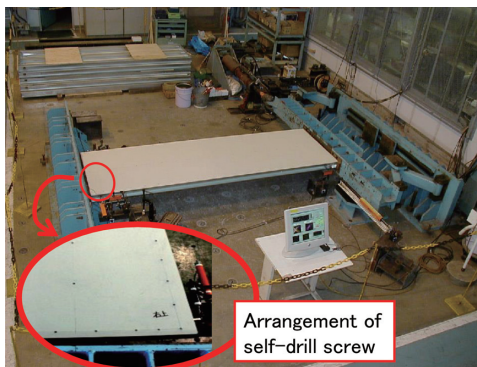
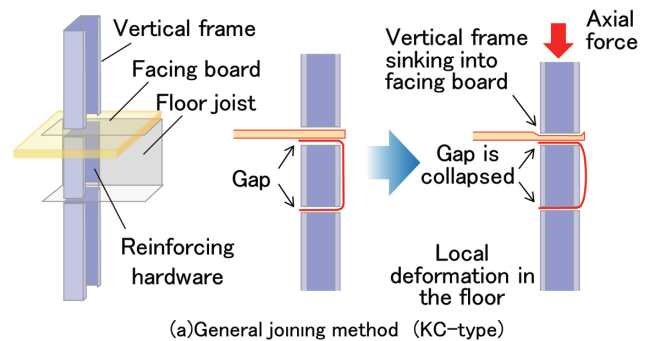


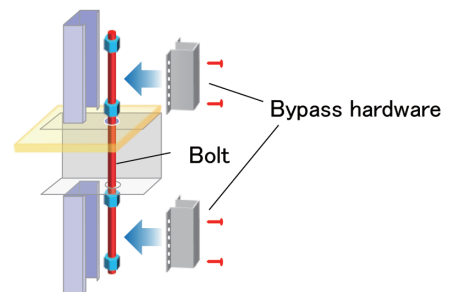
写真5 窯業系面材を用いた3階建て用耐力壁
Bearing wall for 3 stories using ceramic-based board

時間耐火構造(写真4)を実現した。また、窯業系面材と石こうボードを薄板軽量形鋼の枠材に固定するドリルねじの本数を最適化することで、剛性、耐力、変形性能に優れた耐力壁(写真5)を開発し、単位床面積当たりの耐力壁量を2階建てと同等に抑えることができた。

また、スチールハウス工法は、壁パネルと床パネルを交互に積み重ねるプラットホーム工法であることから、地震



(a) General joining method (KC-type)



(b) High-stiffness joining method (NS-Super-Frame™)

図6 下階耐力壁、基礎への軸力伝達システム
Axial load transmission system to bearing walls, floor below, and foundation

力や風圧力で耐力壁の転倒モーメントによってたて枠に生じる軸力は床パネルを経由して下階の壁へ伝達される。通常、床パネル上面に配置される構造面材の板厚方向の剛性は低く、また、薄板軽量形鋼の根太と補強金物の間には微小な隙間があり、軸力をそのまま床パネルに伝達させると図6(a)に示すように床の局部変形が発生する。この結果、図7のように耐力壁脚部の回転が蓄積され、上層の層間変形角を建築基準法で定める規定値内に抑えることが困難となる。このため、NSSF 工法では、図6(b)のように上階と下階の耐力壁たて枠を圧縮ボルトで直接連結し、床パネル

を經由せずに軸力を伝達する高剛性バイパス金物を開発、適用することで、層間変形角を満足させることに成功した。

NSSF 工法3階建ての1号案件は、2004年の北九州市留學生宿舎(写真6)りである。鉄筋コンクリート造と比較し、上部躯体重量は約3分の1と軽く、地耐力等の条件が揃えば基礎杭無しで建設が可能であり、工期も約3分の2に短縮できる。また、構造躯体には薄板軽量形鋼を使用していることから、税法上の減価償却年数は19年と短く、鉄骨造の34年や鉄筋コンクリート造の47年に比べ、建物オーナーのキャッシュアウト削減といった経済的メリットをもたらす。これらの優位性が市場にも認められ、狭小地向け都市型共同住宅や、新日鐵住金の社宅、独身寮の他、各企

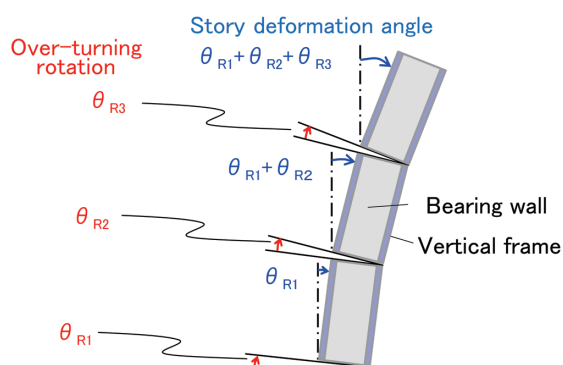


図7 脚部回転が連層耐力壁の層間変形角に与える影響
Effect of over-turning rotation of multistory bearing wall



写真6 北九州市留學生宿舎
(3階建て・60分準耐火建築物、2005年3月竣工)
3-story dormitory for foreign students in Kitakyushu City
(60-minute quasi-fire-resistant building)



写真7 釜石市中上島復興公営住宅
(3階建て・耐火建築物、2013年3月竣工)
3-story restoration public housing in Kamaishi, Iwate
(1-hour fire-resistant building)

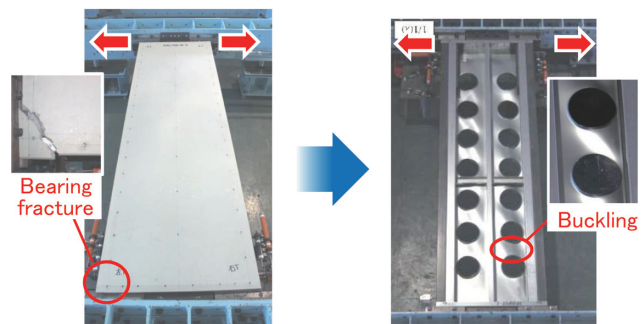
業の社宅、独身寮、老人健康福祉施設、震災復興住宅(写真7)などにも継続的に採用され、着実に実績を積み重ねている。

4.2 4階建てへの進化

2012年の告示改正による階数制限緩和の動きと並走しながら、新日鐵住金とNSハイパーツ(株)は、土地の有効活用が要求される中層住宅市場への適用を目的に、4階建て実用化に向けた構造躯体の開発を進めてきた。4階建ての最下層に作用する地震水平力は3階建ての1.6倍、転倒軸力は2倍近くにも及ぶため、更なる高強度部材(耐力壁、接合金物、たて枠)の創出が不可欠である。

まず、耐力壁については、構造面材の材料について抜本的見直しを行った。写真8(a)に示す3階建て耐力壁用構造面材(窯業系面材)の場合、薄板軽量形鋼の枠材に固定するドリルねじの本数を増やすことで耐力を高めることができるが、最大耐力到達以降の耐力低下が著しくなり、エネルギー吸収性能確保に限界がある。このため4階建ての耐力壁には、厚さ1mm程度のめっき鋼板を構造面材として起用し、名古屋工業大学の協力^{6,7)}を得ながら、鋼板の剛性と変形性能を引き出すための形状最適化を図った。

具体的には、写真8(b)に示すようにバーリングを施した孔(以下、バーリング孔)を複数設けることで鋼板の面外変形拘束を高めるとともに、大荷重作用時には孔間の鋼板平板部をせん断座屈させることで抵抗力を保持したまま変形性能を高める工夫を行った。但し、耐力壁の最大耐力が過大となると、転倒モーメントで接合金物やたて枠に生じる軸力も増大し、薄板軽量形鋼の部材断面では軸力保持(以下、保有耐力接合)が困難となる。このため、図8のように、耐力に影響を及ぼす構造面材(鋼板)の板厚許容差を±3%以内に収め、耐力壁の終局耐力到達以降の耐力上昇を抑制した。これにより、1次設計レベルでの高剛性・高強度化と、2次設計レベルでのエネルギー吸収性能向上と保有耐力接合を実現した。なお、バーリング孔の配置位置と孔径は、耐力壁を貫通する配管やコンセントなどの設備レイアウト



(a) Ceramic wall for 3-story building (b) Steel wall for 4-story building

写真8 耐力壁の破壊性状
Destructiveness of bearing wall

を考慮して設定しているため、孔を利用して設備敷設を容易に行うことができる（写真9）。

また、上下階の耐力壁を連結する接合金物については、3階建てで使用したバイパス金物の軸力伝達機構の概念を踏襲しつつも、圧縮ボルトでの軸力保持には限界があることが自明であることから、圧縮抵抗断面を更に大きくした箱型金物を床パネルに内装させ、軸力伝達する方法を開発した。開発当初の箱型金物は厚板を溶接組み立てして構成していたが、溶接レス、コンパクト化によるコストミニマムを志向し、鋳造製品メーカー（日之出水道機器(株)）の協力を得ながら形状最適化を図ることで、写真10に示す高剛性、高強度の一体成型金物を実現した。上下階の耐力壁のたて枠端部に配置したホールダウン金物と箱型金物をボルトで連結することで、耐力壁の転倒軸力に十分抵抗できる接合機構を確立した。

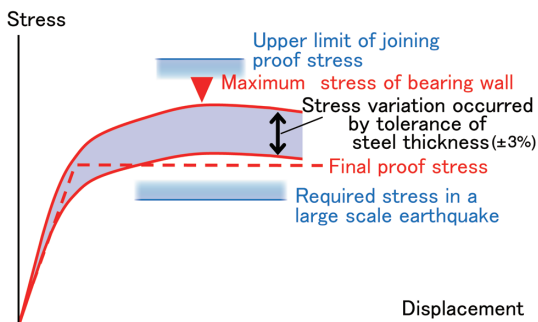


図8 耐力壁の鋼板板厚と耐力の関係
Relationship between steel sheet thickness and proof stress of bearing wall

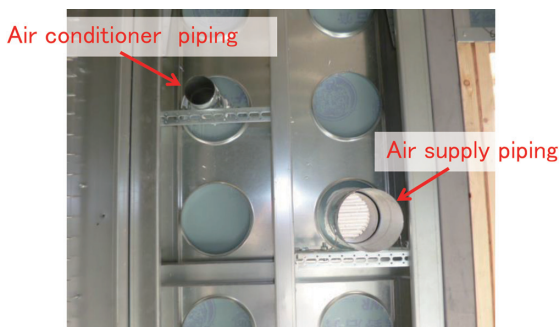


写真9 バーリング孔への設備配管配置
Facilities plumbing placement to the bar ring aperture



写真10 鋳鋼製箱型金物
Box form hardware made by cast steel

更に、耐力壁の両端に配置されるたて枠についても、接合金物と同等の軸力が作用することから、圧縮抵抗断面を増大させる必要があった。減価償却年数19年のメリットを活かすために、たて枠を構成する形鋼状金物の板厚を3mm以下に抑えつつ、圧縮に対する座屈耐力が高いボックス形鋼とリップ付き溝形鋼を複数組み合わせることで、高い軸力にも抵抗できるたて枠部材を実現した。なお、耐火性能については、3階建ての開発で構築したメンブレンによる耐火性能最適化技術を応用展開することで、1時間耐火構造を確立した。

以上の構造、耐火両面での部材開発により、薄板軽量形鋼造による4階建てが実現可能となった。

4.3 4階建て実機化に向けた合理化検討と社内社宅への適用

4階建ての躯体構成は、既存の3階建てとは異なるため、実機化に当たり、机上検討だけでは把握できない様々な課題が内在する。上記開発成果の完成度を高め、円滑に実機化を図ることを目的に、設計施工会社である日鉄住金テックスエンジニアリング(株)、NSハイパーツ、新日鐵住金の3社で共同開発体制を構築し、設計、材料、製作、建設といった“ものづくり”の観点で課題抽出と解決に当たった。

具体的には、社内の研究所（千葉県富津市）に、写真11に示す4階建て試作棟を建設し、構造、耐火、断熱、遮音設計に加え、基礎工事やパネル製作、建方に関する様々な検証を行い、改善すべき課題を抽出した。基礎アンカーボルトの精度確保方法や、従来の約1.5倍の重量となる壁パネルの吊り込み対策、上下階の耐力壁を接続する新規開発金物の施工方法、断熱・外装材の固定方法など、100項目余りの課題が明らかとなったが、3社での合理化検討を重ねることで解決を図り、得られたノウハウを納まり標準図やマニュアル、仕様書として整備することで、万全な設計・施工体制を構築した。

4階建て国内第1号案件は、新日鐵住金大分製鉄所の明



写真11 4階建て試作棟
4-story experimental building

野北社宅（写真 12）であり，上記共同開発体制の支援のもと，2015 年 3 月から順調に工事が進められ，同年 11 月に完工した。

4.4 様々な公的認可

4.4.1 構造関連

NSSF 工法の設計および建築確認申請手続きの簡素化による利便性向上を目指し，新日鐵住金と NS ハイパーツは共同で，様々な公的認可（表 2）を取得，整備している。NSSF 工法に使用する構造部材や設計基準については，（一財）日本建築センターで厳格な技術審査を受け，建物の階数や用途に応じた評定・認定を取得している。

“3階建て以下”については，2003 年 12 月に評定を取得したが，その後も，新たな技術的知見やユーザーからの改善・改良ニーズに対応した開発を加えながら定期的に更新を図っている。また，“3階建て”については，施工規則第 1 条の 3 認定（以下，1 条 3 認定）を 2008 年 7 月に取得，2015 年 2 月に更新しており，構造適合性判定審査の省略が可能である。現在，“2階建て”の 1 条 3 認定も国土交通省へ申請しており，2015 年末に取得できる見込みである。新たに開発した“4階建て”についても，高強度部材を織り込んだ構造システムと設計基準を整備し，2014 年 7 月に評定を取得した。薄板軽量形鋼造の 4 階建てとしては我が国で最初に指定性能評価機関の評価を受けた工法である。



(a) Construction of first-story



(b) Construction of second-story



(c) Inside structure



(d) Construction of fourth-story

写真 12 大分製鉄所明野北社宅（4階建て・耐火建築物）
4-story apartment for employees of Oita Works in Akeno, Oita (1-hour fire-resistant building)

表 2 NS スーパーフレーム工法® の公的認可
Public certification and consultation of “NS-Super-Frame™”

	Structural performance		Fire-resistant performance		Sound insulation performance		Durability performance	
			Outside wall, Boundary floor, etc.		Parting wall	Boundary floor		
4-storied house	Rating		60-minute quasi-fire-resistant	1-hour fire-resistant	Article 30	Grade 2	Corresponds to RC floor slab thickness of 11cm	Dew-resistant type Grade 3
3-storied house	Rating	Article 1-3						Rust preventive type Grade 3
2-storied house		Article 1-3						
1-storied house		Rating						

From FY2015 onwards

その他、4階建てで開発した耐力壁を用い、壁高さ4.5m、区画面積1000m²までの大空間が設計可能な“平家店舗”の評定を2015年7月に取得しており、様々な建物規模と用途に対応可能である。

4.4.2 耐火関連

耐火性能を有する建築物の主要構造部は、屋内または屋外で発生する火災に対して、所定の時間内において、非損傷性、遮熱性および遮炎性を確保する必要がある。薄板軽量形鋼造の外壁、間仕切壁、界壁、界床といった主要構造部は、鉄骨造や鉄筋コンクリート造などで定められている告示の例示仕様が存在せず、指定性能評価機関で耐火性能試験を行い、所定の性能を発揮できた仕様だけが国土交通大臣の耐火認定を取得することができる。例えば、1時間耐火の外壁については、1時間の載荷加熱を行った後、継続して3時間の載荷試験による観察を行い、検査基準に合格する必要がある。NSSF工法の壁パネルや床パネルは、構造面材や外装材、石こうボードといったメンブレンの材質や板厚、積層構成、固定方法などの最適化を図ることで、上記の耐火性能基準を全てクリアする合理的な構造部材である。

現在、“4階建て”の主要構造部については1時間耐火構造の大臣認定を取得している。また、“3階建て以下”の主要構造部については1時間耐火構造と60分準耐火構造の大臣認定を取得している。

4.4.3 遮音関連

居住者の異なる住戸間においては、プライバシーや快適性確保の観点から、遮音性能の確保が重要である。共同住宅の隣戸間の“界壁”については、建築基準法第30条で、確保すべき最低性能が規定されており、NSSF工法では、本規定に適合する国土交通大臣の認定を取得している。

また、公営住宅では、“住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく特別評価方法認定”（以下、特認）の等級が要求される。現在、“3階建て以下”の“界壁”については、透過損失等級2（鉄筋コンクリート造の壁厚12cm相当）の特認を国土交通省へ申請しており、2015年度中に取得できる見込みである。今後、“4階建て”の“界壁”についても、同特認を取得予定である。なお、上下住戸間の“界床”については、乾式2重床の仕様で、重量床衝撃音対策相当スラブ厚11cmの特認を取得している。

4.4.4 劣化対策関連

薄板軽量形鋼は板厚が薄く、断面の一部が腐食すると構造耐力の消失につながる可能性があるため、表面仕上げによる防錆措置を施している。NSSF工法では、外張り断熱材の厚さや、新日鐵住金の高耐食性めっき鋼板“スーパーダイマ®”のめっき厚さを最適化することで、高い耐久性を

実現している。すなわち、外張断熱材を厚くすることで薄板軽量形鋼の結露を許容しない“防露型”と、外張断熱材を薄くし、薄板軽量形鋼の結露を許容しつつも、高耐食性めっきにより耐食性を確保する“防錆型”の2種類の耐久性仕様を開発しており、それぞれ劣化対策等級3（耐用年数75～90年）に関する特認を取得している。

5. おわりに

1997年に業界標準のKC型として開発されたスチールハウスは、NSSF工法で着実に進化を遂げ、市場に認められている。

2004年に開発された3階建ては、工場パネル生産による短工期化に加え、耐久性（75～90年）や板厚3mm以下の薄板に基づく減価償却年数（19年）のバランス等が評価され、各企業の独身寮や社宅に継続的に採用されている。また、外張断熱・通気工法による均質な室内温熱環境と快適性が評価され、グループホームや特別養護老人ホーム、児童施設などでも実績が伸びている。更に店舗分野でも、減価償却年数と定期借地権の関係性や、短工期化による早期営業開始、柱型のない有効面積の拡大等を魅力として、より大規模な物件にも適用が広がりつつある。

新たに4階建てが加わったことにより、今後も、住宅分野や公共施設、老人健康福祉施設等に幅広く活用されることが期待される。

謝 辞

4階建ての開発において、耐力壁並びに設計法構築では名古屋工業大学小野徹郎名誉教授、佐藤篤司准教授にご指導を賜りました。箱型金物では日之出水道機器、基礎ボルト施工法を含む合理化検討では日鉄住金テックスエンジにご尽力を頂きました。また、NSSF工法全般の部材開発と改善、改良においては、NSハイパーツにご助力を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

参照文献

- 1) 川上寛明 ほか：新日鉄技報. (387), 74-84 (2007)
- 2) 日本建築センター：スチールハウス建築物の性能評価・評価基準. 1995
- 3) スチールハウス協会：2014年度のスチールハウス建築着工実績について. 1995
- 4) 国土交通省告示第千四十二号. 官報第5891号. 2012.9.24
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所, (独)建築研究所監修, (一財)日本鉄鋼連盟編：薄板軽量形鋼造建築物設計の手引き. 第2版. 技報堂出版. 2014.3, p. 7-8
- 6) 佐藤篤司 ほか：大口径孔を有する薄板軽量形鋼のせん断耐力に関する研究. 鋼構造年次論文報告集. 22, 716-723 (2014)
- 7) 森誠司 ほか：大口径孔を有する薄板軽量形鋼のせん断耐力に関する研究. その1 実験計画と実験結果, その2 弾塑性

数値解析・耐力低減係数の提案. 日本建築学会大会学術講演梗概集. C-III, 917-920 (2014)



藤内繁明 Shigeaki TOHNAI
建材事業部 建材開発技術部
住宅建材技術室 主幹
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



海原広幸 Hiroyuki KAIBARA
建材事業部 建材開発技術部
住宅建材技術室 主幹



平川智久 Tomohisa HIRAKAWA
建材事業部 建材開発技術部
建材技術企画室 主幹



藤橋一紀 Kazunori FUJIIHASHI
建材事業部 建材開発技術部
住宅建材技術室 主幹



川上寛明 Hiroaki KAWAKAMI
建材事業部 建材開発技術部
住宅建材技術室長
(現 ジオスター(株) 経営管理部 部長)



眞有信博 Nobuhiro MAARI
建材事業部 建材開発技術部
住宅建材技術室長



河合良道 Yoshimichi KAWAI
鉄鋼研究所 鋼構造研究部 主幹研究員
S.E., P.E.



田中浩史 Hiroshi TANAKA
鉄鋼研究所 鋼構造研究部
主任研究員 博士(工学)
(現 NSハイパー(株) 研究開発部 部長)