

技術論文

スチールハウスの設計，施工の実際と今後の取組み

Actually of Design and Construction of Steel Framed Houses and Future Effort

小崎 政文*
Masafumi KOZAKI小崎 照卓
Shohtaku KOZAKI藤内 繁明
Shigeaki TOHNAI若山 泰郎
Yasuo WAKAYAMA藤澤 弘喜
Hiroki FUJISAWA大成 幸一郎
Koichiro ONARI池田 茂央
Shigehisa IKEDA

抄 録

ここに紹介するのは、スチールハウスの設計，施工分野にて今日まで取り組んできた工夫・改善活動の足跡である。基本モジュールをベースとした間取りや住棟配置計画及び施工省力化に向けた設計的改善や、品質重視かつ改善効果が期待できる工法並びに改良工具等の立案を、4階建てスチールハウスの取組みと平行して実施した。

Abstract

Presented here are the footprints of ingenuity and improvement activities carried out to date in the fields of the design and construction of steel-structured housing. In parallel with efforts for four-story steel-structured housing, we planned room layout based on basic modules, developed residential building layout plans, made design improvements for construction labor-saving, focused one the quality, and designed construction methods, tools, etc. that hold promise for improvement.

1. はじめに

薄板軽量形鋼造（以下、スチールハウスと略す）は、木造2×4工法（枠組壁工法）の枠材を、板厚1.0mm前後の垂鉛めっき鋼板を冷間圧延成形した形鋼に置き換えた建築物である。1995年の阪神淡路大震災の復興に向けた仮設住宅の一部として、米国からの支援で建設されたのが国内最初であり、その後2000年の改正建築基準法の体系の中で、スチールハウスに関する技術基準が制定され現在に至っている。

日鉄住金テックスエンジ(株)初の設計・施工案件は、2006年高横須賀社宅におけるNSスーパーフレーム工法[®]（以下、NSSF工法と略す）であり、以後10年間、様々な案件にチャレンジし工夫改善を重ねる中で、現在の設計及び施工技術を確認している。

ここでは、その実際と各種改善に向けた取組み内容について、今後の課題を含めて紹介する。

2. NSSF工法の足跡

NSSF工法への取組みは、2006年に竣工した高横須賀社宅（愛知県東海市）に始まる（写真1）。その後、新日鉄住

金(株)及びグループ企業の社宅、独身寮を主体に設計、施工の実績を積み（表1）、住戸平面プランや階段及び廊下、バルコニー等の設計標準化による改善を行いつつ、施工効率化を進め今日に至っている。中でも、寒冷地での断熱性能の確保や震災対策建屋への取組みは技術向上に大きく寄与した。

近年、NSSF工法の中層化に向けた4階建ての実機化を2013年3月より新日鉄住金、NSハイパーツ(株)、日鉄住金テックスエンジの3社で進め、2015年11月に大分製鉄所明野北社宅（写真2）の竣工をもって完了した。



写真1 高横須賀社宅
Achievement of steel framed house (Takayokosuka apartment)

* 日鉄住金テックスエンジ(株) 建設事業部 技術部 建築設計技術グループ マネージャー 東京都千代田区丸の内2-5-2 〒100-0005

表1 スチールハウス取組み実績
Result of steel-structured housing

Year	Main project	Plan summaries
2006	Takayokosuka AP	3-building (78 room), 3-storied house
2007	Aishin Nursery, ex.	Large space
2008	Tokoshiro Dormitory, ex.	1-building (60 room), central corridor type, using sound insulation floor
2009	Kamaishi AP (NSSMC)	2-building (60 room), using ALC to balcony
2010	Ooike AP (NS-Logistics Co.), ex.	Improvement of staircase
2011	Kamaishi AP (NS-Logistics Co.), ex.	Countermeasure for the cold temperature area
2012	Kamaishi Restoration Public Housing (I-stage)	4-Restoration building (54 room), evaluation of dwelling performance
2013	Futsu Dormitory (NSSMC)	2-building (99 room), certification of disaster control (tsunami)
2014	Muroran AP (Cooperation Company), ex.	
2015	Akenokita AP, ex.	4-storied house

AP: Apartment



写真2 明野北社宅

Achievement of steel framed house (Akenokita apartment)

3. NSSF工法の計画

3.1 平面計画上の留意点

3.1.1 基本モジュールに合わせた平面計画

NSSF工法は、尺寸法で作成される構造用面材(910mm=1.0P)を使用することから、壁配置は基本モジュールを455mm(=0.5P)ピッチとし、壁のたて枠材及び床根太材を効果的に配置する必要がある。この基本モジュールに沿わない計画を行うと、特殊な形状のパネル製作及び本来不要な補強材配置や複雑なディテールが生じ、コスト及び工程に影響がでる。平面計画を行う際は、事前に意匠、構造及び設備設計者が協議し、モジュールに合った住棟及び住戸平面計画を実施する必要がある。

3.1.2 構造用面材の配置に留意した間取り計画

本工法は、構造用面材の割り付けや開口に関する構造規定が厳格に定められている。よって、必要壁量及び設備貫通開口位置の検討を、基本計画の間取り計画時と並行し

て行うことで、計画の手戻りや修正作業の発生を防止する。

3.2 平面計画に於ける改善取組み事例

3.2.1 片廊下タイプの計画

通常、廊下、バルコニー等の跳ね出しスラブ構造は、鉄骨造にて計画し必要空間を確保していた。この場合、床の跳ね出し距離が長くなると床固定荷重が増加する。対策として、住棟と廊下、バルコニーの床をNSSF工法によるパネル一体構成とし、先端支持壁を設けることで以下の改善効果をあげている。

(1) 幅広な片廊下の実用化

廊下内の多目的化(コミュニティスペース配置)

(2) 床パネルの薄厚化

屋内外床の段差解消、直床掃出し窓を設置可能とする。

(3) 水勾配の確保

床パネルの薄厚化による、床水勾配の確保。

3.2.2 コ型住棟配置の計画

本工法は、床パネルの根太配置より、出隅部の片持ちスラブが設置出来ない構造上の特徴があり、複数の住棟をコ型配置に接続する場合、設計の自由度が制限される。この場合、片持ちスラブに先端支持壁を設け、床スラブを薄厚化した廊下及び共用部廊下と渡り廊下(鉄骨造)接合部にエキスパンションジョイント金物を設置し、レベル差なく接続できるように改善することで、コ型住棟配置での設計を可能にした。

釜石災害復興旧公営住宅(図1)では、本改善策にて中庭を囲んだコ型住棟配置の平面計画を採用し、高齢者のための中庭コミュニティスペース作りに寄与した。

3.3 構造計画上の留意点

NSSF工法3階建てでは、これまで構造的な公的認可が数度更新されており、これに準拠した構造設計を実施してきた。本節では、設計事例の多い3階建て寮・社宅の設計における、構造計画上の留意点と対策について述べる。

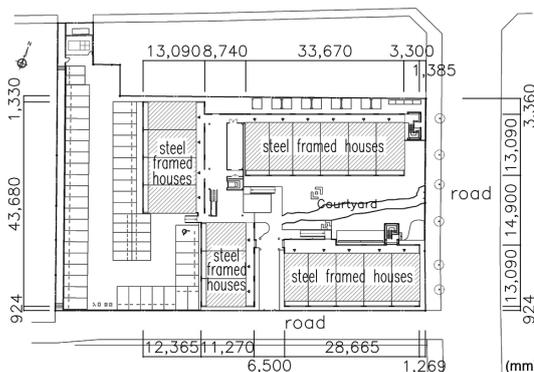


図1 釜石災害復興旧公営住宅平面計画
Ground plan of the restoration public housing in Kamaishi

表2 耐力壁構造面材の構成
Composition of structural panel

Obverse	Reverse
Ceramic-based board	Ceramic-based board
Ceramic-based board	Gypsum board
Gypsum board	Gypsum board

3.3.1 壁配置計画上の留意点

構造壁には、以下の3種類がある。

耐力壁：鉛直荷重（自重他）を支持すると共に、水平荷重（地震、風等）を負担する構造壁

支持壁：主に鉛直荷重（自重等）を支持する構造壁

雑壁：鉛直、水平荷重を負担しない壁で、軽量鉄骨下地による壁

また、耐力壁は、枠材の両面に張り付けられる構造面材の構成により3種類用意されている（表2）。壁構造は、この様に多くの種類があり、これらの組合せにより、納まりや施工性を考慮した最適なプランとすることが要求される。以下に注意事項と対策を記す。

(1) 耐力壁の配置

住戸計画では、一般的に廊下、バルコニーに面する壁に大きなサッシ開口を計画するため、耐力壁量を効率的に確保出来ないケースが多い。この場合、住戸内の耐力壁を二重壁にすることで、必要壁量を確保するが、壁量を減ずるために高耐力壁（二重壁）を多用する計画とした場合、上下階を連結する金物やボルトが許容耐力を超えるため、構造的な問題が生じる。その結果、壁量増加といった平面計画の変更を招く可能性があるため、平面計画策定時には注意が必要である。

(2) 支持壁の配置

耐力壁に設ける開孔には量的制限が有るため、計画初期段階より開孔位置を設備技術者と打ち合わせ、設備配管、ダクトのルート計画を織り込んだ壁配置を検討する必要がある。開孔量の制限を超えるケースが発生する場合は、当該壁を支持壁とし、耐力壁を別位置に追加配置して壁量を確保する。

(3) 雑壁の配置

トイレやユニットバス等の水回りは、必要スペース確保や備品配置の関係で、基本モジュールに合致しない壁配置となるケースが多い。この場合、壁量を検討して雑壁にて間仕切りを計画できるよう、壁配置を計画する。

(4) 基礎の配置

基礎部では、耐力壁、支持壁の下部には地中梁を配置する必要が有るため、二重壁を適所に採用するなど平面的に耐力壁線を減じ、基礎配置を最小に抑える事で、施工性、メンテナンス性、経済性を図る。

現在、上記の様な検討を計画毎に行うのではなく、標準パターンを決め最適化が図れる取組みを行っている。

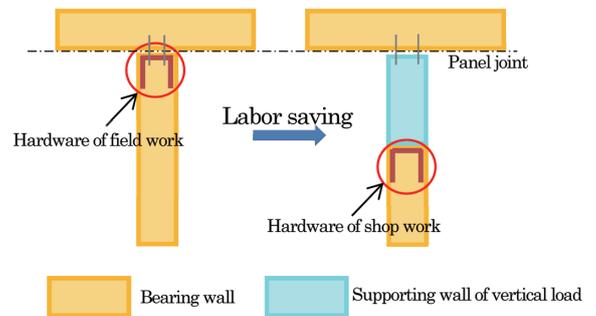


図2 パネル接合部の省力化
Labor saving of connecting panel in construction site

3.3.2 施工省力化に配慮した設計

パネル建方工事は、構造設計の考え方によっては施工性の良否に大きく影響する。よって、常に施工上の課題や改善点を設計にフィードバックし、安全で安価な計画となるよう改善を加えている。これまでの実績の中から、両面窯業系面材とパネル接合部の改善に向けての取組みについて紹介する。

(1) 両面窯業系面材

両面窯業系面材をパネルに張付ける仕様は、高耐力壁（壁量換算で通常耐力壁の2割増）となり、壁実長を短くできる優位性がある。しかし、窯業系面材は硬質で重量が有るため、施工性が悪くかつ材料コストが石膏ボードと比較して高価であることから、極力採用を控えるのが省力化に有効である。窯業系面材採用時は、1階の壁実長を極力長くとり、上階（2階以上）での使用を出来る限り控えた配置バランスにて壁量を確保するよう工夫する。

(2) パネル接合部（現場取付金物）

現場取付金物は、耐力壁をL字若しくはT字型でパネル接合される箇所に配置する。近年、耐力壁の高耐力壁化が進み、耐力壁端部枠材の板厚が厚くなるため、狭隘箇所での留め付けねじの固定が煩雑となる。改善策として、耐力壁を直交接合する場合、パネル側の金物位置をパネル接合部より0.5P（455mm）控えて配置することで、工場での金物取付けを可能とし現場でのパネル接合作業を低減できるよう、設計的な改善を行っている（図2）。

4. 建築設備

スチールハウスの特徴として、“薄板軽量形鋼と構造面材で一体化されたパネル構造”、“メンブレン（構造面材と被覆材を一体化する工法）による防耐火性能”、“工場生産による現場施工の短工期化”がある。これら特徴を最大限発揮することが競争力強化に向けての課題であり、以下の取組みを要素毎に行っている。

(1) 計画（設計）

開孔制限、パネル割り付けなど、構造面材及びメンブレンの制約を満足する納まりの検討。

(2) 施工面

ケーブル, 配管のユニット化, 工場でのボックス配管の先行組み込み及び, 構造面材への穴開け加工など現場施工量を更に減らすユニット化や工場生産の検討。

(3) 維持管理

耐火・構造上重要な要素である乾式の壁パネル・床パネル内を損傷することなく, 配管等の更新, メンテナンスが行える計画の検討。

以下に成果及び継続課題として取り組んでいる事例について紹介する。

4.1 構造面材及びメンブレンの制約を満足した納まり

4.1.1 設備開孔計画の標準

スチールハウスは, 構造パネル1枚 (1P) 毎に開孔制限があり, “構造耐力上の制約”と“耐火性能確保のための制約”のそれぞれを満足させる必要がある。構造耐力上の制約には, 1Pあたりの開孔数, 開孔間距離, 開孔寸法の上限があり, 耐火性能上の制約では, 1か所あたりの開孔寸法の上限が定められている。

更に, 耐力壁内の0.5P幅のボードには, 全く開孔を設けることが出来ない制約や, 屋外側の窯業系面材と屋内側の石膏ボードは別々に条件を満たす必要があるなど, 耐力確保のための制約を設けている。よって, 間口方向に連続する壁の場合で貫通孔を伴う場合は, 特に綿密な検討が必要になるため, 標準開孔納まり図の作成に取り組む事とし, 標準仕様はファミリータイプ住戸 (2LDKタイプ) と単身者住宅 (ワンルームタイプ) の2種類とした。

また, 標準図におけるパネルの割り付けは, “0.5P 構造壁を作らない平面計画”と“外部窯業系パネルと内部石膏ボードを一体としたパネル割計画”を基本とするため, 標準計画作成は意匠・構造・設備設計が共同で取り組んだ (図3)。

4.1.2 防耐火性能確保に向けた納まり

本工法は, 1時間耐火性能を有する構造である。具体的には, 耐火性能に優れた窯業系サイディング (外装材) と石膏ボード (内装材) によりメンブレン耐火を施したものである。よって, 設備配管やケーブルの敷設で, メンブレンを貫通する孔を設けることは耐火性能上の弱点となり, 耐火パテ等の穴埋めにより十分に性能を確保する必要がある。建設段階では, 貫通部分に耐火処置を施すことで性能を確保するが, 引き渡し後に工事を行う通信用ケーブルの床パネルメンブレン貫通処置についても, 将来的にも機能確保できるよう, 中継として埋め込み鋼製BOXを設け, 確実に耐火処理を行えるように標準の納まりを検討している (写真3)。

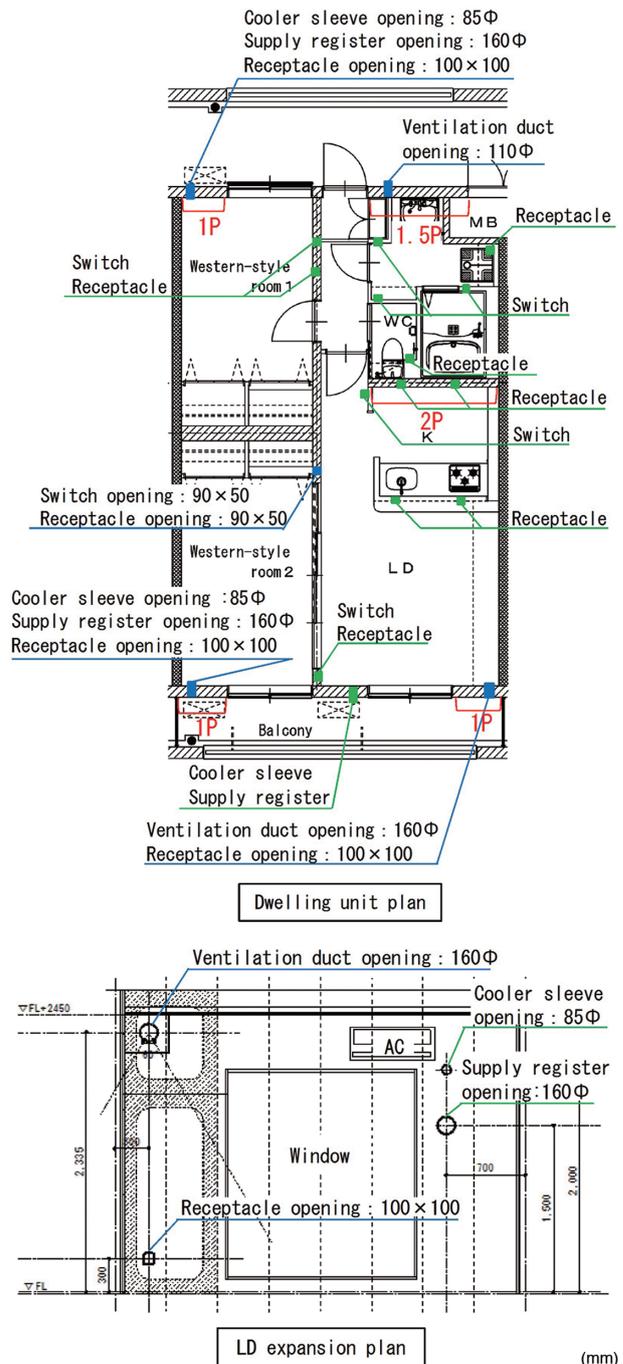


図3 ファミリータイプ開孔計画図
Road map of aperture for the family

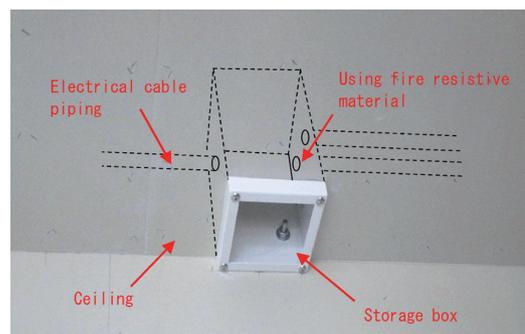


写真3 弱電ケーブル収納ボックス
Storage box for communicate cable

4.2 短工期化に向けたユニット化、工場生産化

建築設備の分野においても、パネルの工場生産化のメリットを活かした工期の短縮と工事費の削減は課題である。現場作業の省力化は、設備部材を工場生産するユニット化工法と、工場生産されるパネルに組み込む先行工法の2工法に取り組んでいる。

4.2.1 ユニット化工法

スチールハウスは、構造パネルを現場に搬入し連続して組み立てるため、鉄筋コンクリート造住宅と比較して、内装工事までの間に住戸内の電灯コンセントケーブルの配線を行う工程を確保することが難しい。しかし、電気工事の工期短縮は、直接全体工期短縮に繋がることから、現場作業を低減するため、予め工場生産したユニットケーブルを使用し施工した(写真4、図4)。ユニットケーブルの採用は、コスト高となるものの、現場作業低減が見込めるため労務費の削減と工期短縮としてのメリットが大きい。ユニット化は、ケーブルだけでなく給排水管についても取組みを行っており、メリットを明確にし標準化に取り組むことが今後の課題である(図5)。

4.2.2 先行パネル組み込み工法

現場作業の低減を目的に、電気配管及びボックスや設備開孔、耐火処置材、支持部材等は、工場での先行取付を検討する。実現可能となれば、大幅な施工省力化につながると考えている。現在は、机上にて試験的に行っている段階であるが、将来の実現に向け課題として継続的に取り組む予定である。



写真4 ユニットケーブル
Unit cable

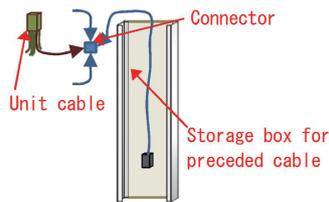


図4 パネル先行組み込みイメージ
Image of preceding panel

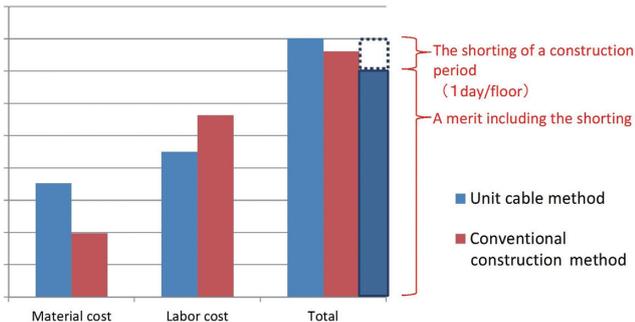


図5 ユニットケーブル使用時のメリット比較
Comparison of the merit using unit cable

4.3 将来の設備更新及びメンテナンスへの配慮

スチールハウスは、住宅の品質確保の促進等に関する法律で最上等級の劣化対策等級3を取得しており、耐用年数は75~90年となる。建物の高耐久化に対し、建築設備の耐用年数は以前と比較して長期化したとはいえ、概ね15~20年である。よって、設備更新、メンテナンスが必ず発生するため、構造面材及びメンブレンを痛めることなく、設備更新、メンテナンス可能な設備計画、納まりの検討が課題になる。

特に、設備更新時にスチールハウスの制約を理解していない業者による誤施工を防止する工夫が必要であるため、検討はメンテナンス、更新の発生が予測される部位とした。

(1) 住戸内

住戸内の衛生配管更新時は、設備配管が多く通る構造壁を損傷することの無いよう、水廻り設備の集約やパイプシャフトの配置及び配管スペースの二重壁化に取り組む。

(2) 共用部分

床下ピットを設け、容易に共用配管のメンテナンス、更新が出来る構造にすると共に、共用ケーブル更新時に共用廊下床パネルのメンブレンを損傷しないよう、二重天井化(メンテナンス用)について取り組む。

5. 施 工

NSSF工法は、パネル図の作成から工場(以下フレーマーと略す)でのパネル製作を経て、現場での建方、内外装工事へと進む作業工程である。本章では、施工の各工程での管理及び工夫、改善への取組みについて紹介する。

5.1 パネル製作

5.1.1 パネル図の作成とチェック

パネル図はフレーマーにて作成し、関係部署(設計、製作、施工)にてチェック、修正を行い(表3)、その後パネル製作を開始する。壁耐力不足及び品質低下並びに手戻り作業発生による工程遅延を防ぐためにはチェックが重要である。

表3 パネルチェック一覧表
Panel inspection check list

Item	Contents
Panel layout	Bearing wall layout (wall penetration sleeve)
Bearing wall	Comparison of the drawings
Ceramics face material	Comparison of the drawings
hardware	Position and size
Throating sash (outside)	
Window opening	Effective size
Non-structural wall	Fixed
Sleeve	Position and size

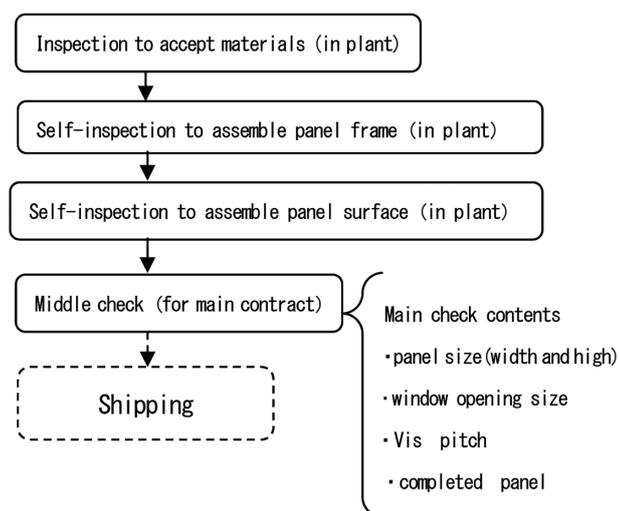


図6 検査フロー
Inspection flow

5.1.2 パネルの製作と出荷

パネルは、材料受入検査の後パネル建方順序に沿って製作し、フレーマー自主検査及び元請中間検査を経て出荷する(図6)。出荷量は、パネル建方順序及び1日当たりのパネル建方施工量を考慮して決定するが、その際、輸送用トラックへの効率的なパネル積み込み(荷姿)による出荷作業の効率化が、工程進捗管理の円滑化に繋がる。

よって、従来より課題であったパネルの荷台への傾斜積み込みによる出荷ロスを解消するため、パネル縦積み専用架台を製作し荷台に設置する事で問題を解決した。また、架台製作によるパネル縦積み化の相乗効果として、従来の傾斜積みでの運送中のパネル欠損(下端角欠損)防止と、分割出荷していた“支持壁”と“まぐさ”の工場での先行組立が可能となり、パネル建方工期の短縮を実現した。

5.2 基礎

5.2.1 アンカーボルト据付精度向上策

パネル建方工事は、品質・工程管理上アンカーボルト(以下ABと略す)据付精度管理が特に重要であるため、管理ポイントを3点挙げその方法について紹介する(写真5)。

(1) 地中梁配筋との干渉回避

NSSF工法は、パネル構造によりABが地中梁部に多く配置される事が特徴であり、この部位での干渉の回避が据付精度向上に重要である。アンカーフレーム(以下AFと略す)及びAB施工図に地中梁配筋を書込み、相互干渉の有無及び、地中梁主筋継手位置とAF東材の干渉を事前確認し施工計画を策定するとともに、現場墨出し作業で各部位位置の見える化を図ることで干渉回避を実施した。

(2) AF材固定強度の確保

コンクリート工事に於いて、施工中でのAFの移動、変形防止は据付精度管理に重要である。AFを均しコンクリートにボルト固定するに際し、固定強度向上策として均しコ



写真5 全景写真
Panorama view

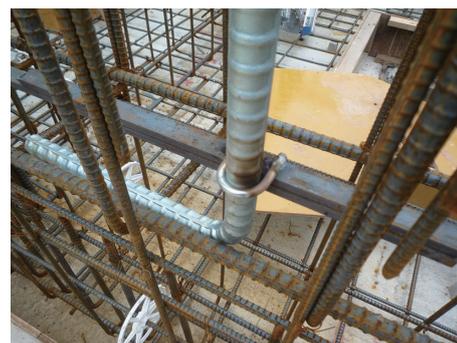


写真6 Uリングによる固定
Fixed by Uring



写真7 兼用架台
Assembled frame

ンクリートを計画より厚く施工し、施工中の振動や衝撃に対する強度確保を図り、AF据付後の精度維持を図った。

(3) AF組立

AFの組立は、地中梁均しコンクリート上でを行い、AF上部通し山形鋼(AF構成部材)天端に、AB位置出し及びAB通し孔(ボルト計+1mm)施工後ABをセットする。更に、AF下部通し山型鋼(AF構成部材)にUリングを取付けAB下部を固定し、施工中の要因(衝撃他)による精度狂い防止策とした(写真6,7)。

5.2.2 土間コンクリート工事の取組み

1階壁パネルは、1階フロアの土間コンクリートに設置するため、土間コンクリート天端レベルの平滑精度がパネル建方精度に影響を及ぼす。よって、土間コンクリート



写真8 屋起し専用工具による建入れ直し
Modification by the specialized tools

天端レベルは、パネル建方位置で仕上げ精度を -5mm で管理し、更にパネル建方施工前に同部位をモルタル若しくは無収縮モルタル材にて凹凸を $\pm 2\sim 3\text{mm}$ に調整する。これにより、1階部分の壁パネル建方精度向上による上部階の建方品質確保と工程管理の円滑化を図る。

5.3 パネル建方

パネル建方工法は、現場の敷地状況及び重機配置計画に基づき以下の2工法より選択する。また、建方時は“屋起し専用治具(写真8)”等を使用してパネル建方精度を確保し、AB本締めはナット回転量及びトルク値により管理する。

(1) 片押し工法

1住戸毎にパネル建方精度を確保しつつ、順次隣接する住戸(次工程)を施工し住棟を形成する。

(2) 外回り先行工法

住棟の外周のパネル建方を先行し、間仕切り部を後施工して住戸を形成する。

6. 住宅性能評価

公営住宅の設計は、定められた“設計住宅性能評価”の等級を満足する必要がある。NSSF工法は、劣化対策等級について“特別評価方法認定”を取得しており、この認定に基づき設計を進める。以下に、省エネルギー対策及び高齢者配慮対策の要求等級を満足する設計の実施例を紹介する。

6.1 省エネルギー対策等級4への対応

6.1.1 外皮の熱還流率基準適合への取組み

省エネルギー対策等級4(2013基準相当)は、等級3(1992基準相当)に比べて高い外皮性能が要求されており、寒冷地では特に開口部に高い断熱性能が要求される。

釜石市の災害復興公営住宅は、寒冷地に位置する共同住宅であり、片廊下型の平面計画の採用によりメーターボックス(以下MBと略す)扉の断熱性能には特に注意を払った。設計住宅性能評価では、外壁断熱ラインにある扉の断熱性能は基準に適合させる必要があり、NSSF工法(外断

熱工法)の外壁断熱ラインは廊下に面する外壁ラインとなることから、玄関扉やMB扉等の開口部には熱遮断構造が要求される。特にMB扉の場合、ガス給湯器の給排気用開口を扉上部に設ける設計が一般的であるが、これでは要求性能を満たすことが出来ない。対策として、ガス給湯器を給排気延長タイプとし、扉以外の外壁面に給排気口を設け断熱性能等級に適合させるとともに、将来のメーター更新や配管模様替の際の階下への漏水に配慮して、扉下端より高い位置まで塗膜防水を施工した防水立ち上り壁を設けた。また、更なる改善策として、MBを外壁断熱ラインの外側へ設置する検討も行っている。

6.1.2 熱橋部への対応

NSSF工法は外断熱工法であるため、内断熱工法のように、床が外壁断熱層を貫通する事による断熱欠損が生じにくい構造となっている。しかし、1階廊下及びバルコニー部分は、鉄筋コンクリート床が外壁断熱層を貫通する構造となり、熱橋(ヒートブリッジ)が懸念される。よって、1階部分の断熱補強は、住戸内の床の熱橋範囲部に断熱モルタル等による断熱仕上げを施す。この際、“断熱モルタル直打ち”と“発砲ウレタン+モルタル打ち”の2仕様があり、工程等を考慮して選択するが、何れの場合も熱橋補強部以外の部分で、補強により発生する床段差解消のため、床上増し打ちまたは全面モルタル打ちが必要となる。

6.2 高齢者配慮対策等級3への対応

高齢者配慮対策等級3では、床の段差について基準が定められており、住戸内では廊下と脱衣・洗面室に段差を設ける事が出来ない基準となっている。よって、当該部は水回りの床のみ下げる床パネル落とし込み工法または、全面二重床工法を採用する。また、NSSF工法は床パネルの段差を設けにくい特徴がある中で、玄関と玄関外側の高低差(15mm以下)基準に対応するため、“廊下床パネルの薄厚化”により玄関外側床との高低差を基準値内に収める事を可能にしている。

更に、沓摺と玄関土間の高低差(5mm以下)基準への対応は、玄関沓摺を埋込式とする必要がある。この場合、外部側の床と沓摺との取合いが平面シールとなるため防水性能低下が課題となるが、対策として沓摺下部に塗膜防水で受皿を設け、内部への浸水を防ぐ設計とした(図7)。

7. 震災対策への取組み

東日本大震災において、日鉄住金テックスエンジが対応した案件(施工2棟、設計施工4棟)が、岩手県釜石市で震度6相当の地震に遭遇したが、構造的被害は皆無であり耐震建築物として高い性能を有している事が確認された。以下にNSSF工法建築物の震災対策への取組み事例を紹介する。

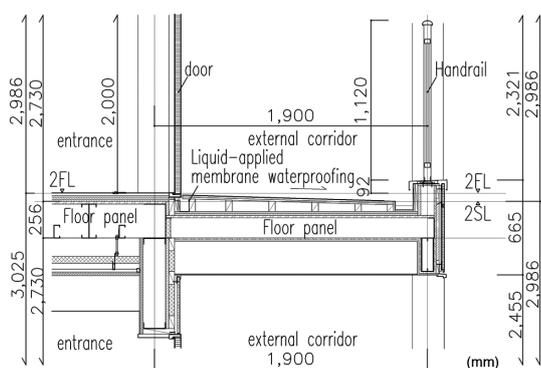


図7 玄関出入り口部詳細
Detail of the main entrance

7.1 釜石復興公営住宅への取組み

2011年3月11日の東日本大震災において、まず優先されたことは、仮設住宅に居住している被災者が入居する災害復興公営住宅の早期建設であった。スチールハウスの最大の特性である短工期が如何なく発揮され、2012年4月から設計に着手し、同年10月に着工後5.5か月の短工期で、2013年3月には釜石市に引き渡された。復興公営住宅の第1号として各方面から注目を浴びると共に、公営住宅仕様からスチールハウスとして初めて住宅性能評価を取得した(写真9)。

7.2 津波避難ビルへの取組み

本震災では、多くの木造建築が津波により被災(流出, 倒壊)している。その一方、岩手県大槌市に建てられたNSSF工法(住居2階建て)は、津波による漂流物の衝突で外壁に大きな損傷を受けたものの、顕著な残留変形は無く、浸水深さ5.5mの津波に対し充分耐え得る構造であることが確認された²⁾。2011年11月、国土交通省より“津波に対する構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について”という技術的助言が通達され、2007年に策定されていた“津波避難ビル等に関するガイドライン(内閣府)”の見直しと、避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針が策定された。

2013年に竣工した千葉県富津市の独身寮は、海岸線より約500mの距離にある建物で、津波襲来時に近隣住民も共に避難できる津波避難ビル指定を受けたいとの要望に対し、津波荷重を考慮した構造設計に取り組んだ。津波荷重



写真9 釜石市上中島復興公営住宅I期
Restoration public housing in Kamaishi

は、前述の暫定指針に準拠して算定し、津波の想定浸水深さの設定は、富津市ハザードマップにより設定した。検討は、

- (1) 建物の保有水平耐力と津波波力との比較
- (2) 波による浮力発生に伴う、基礎の転倒、滑動の検討
- (3) 津波を直接受ける外壁のたて枠個材及び水平力を負担するABの検討

の3項目を実施し、これにより外壁たて枠は通常の2倍以上の断面力増強が必要となった結果となったが、建物全体では津波波力 \leq 地震力となり、通常の耐力壁量と同等の設計となった。

8. 4階建てへの取組み

本工法の高層化に向け、2013年3月より新日鐵住金、NSハイパーツと4階建ての共同開発を開始。日鉄住金テックスエンジは主に、基礎、建築設備及び仕上げ工事の設計、施工手法と各種納まり並びにコストの検討を担当した。また、開発工程の終盤では、千葉県君津市の設備・保全センター敷地内に試行棟を建築し実施検証を行った。検証にあたっては、チェックリスト(表4)を作成し細部に渡って課題の抽出と解決に努め、2014年10月に検証を終えた。

翌2015年2月、大分県大分市に新日鐵住金大分製鉄所より4階建て社宅の発注を受け、本試行棟での検証結果を設計及び施工手法に反映して実行し、2015年11月に竣工した。

8.1 平面計画

計画手法の検討は、3階建て平面プランを4階建てとした場合の相違点を抽出し、4階建てに於いても3階建て平面プランに近い形での平面計画が可能となる様にする事とした。以下に検討事例を示す。

8.1.1 外壁仕様の検討

4階建ての基本構造は、1,2階と3,4階で壁構成(断面)

表4 試行棟検証チェックリスト
Check list for the experiment buildings

Item of trade	Contents
Foundation work	Quality control of AB (AB quality standard and detail of reinforcement)
Panel work	Inspection standard of member (hardware size, steel plate size and weight check)
Panel erection	Performance confirmation of hauling equipment inspection standard of panels Scheme of execution (torque management ex.)
External finish work	Detail of furring strips
Interior finish work	Detail of the finish
Utility work	Detail of equipment

が異なり外壁に段差が生じる。外壁納まり上壁厚を揃える必要があり、当初計画では通気胴縁の厚さを変えて調整することとしていた。しかし、試験棟での施工検証の結果、施工手間が通常の1.5倍掛る事が判明したため、断熱材にて厚みを調整することとした。これにより、材料コストは若干増えるが施工手間を大幅に減らすことができ、コストダウンが可能となった。

8.1.2 バルコニー構造

試行棟建設にて、各種構造及び機能検証を実施し設計に反映した。この際、バルコニー先端壁を耐力壁構造として壁量を確保する設計としたが、耐力壁の下部には地中梁を設置する必要がある、これが3階建てと比較してコストアップの大きな要因となっていた。改善策として、居室内部の耐力壁二重壁化により壁量を確保する事で、バルコニー先端壁を耐力壁から支持壁に変更し、地中梁を小さくする計画に変更した。これにより、3階建てと同じ平面計画(図8)が可能となり、プランの汎用性が確保された。

8.2 設備計画の検討と施工評価

4階建ての耐力壁は、従来の構造用面材に変わり、厚さ1mm程度のめっき鋼板にバーリング孔を施したものになる。バーリング孔の口径、位置を決定するにあたり、設備孔の位置がポイントになることから換気ダクト、給排水配管、スイッチコンセントの取付位置の標準化を図り、それを基に実機化に取り組んだ。

また、1,2階(下層)部分がバーリング孔鋼板による構造パネルであるのに対し、3,4階(上層)部は従来通りの構造パネルであるため、配線機器が双方で異なる位置にならぬよう詳細の配置検討が必要になった。設備基本標準納まり図を基に4階建て試行棟で確認し、実機化に取り組んだ。バーリング孔鋼板は現場で開孔作業が困難であることから、効率的な住戸内配線ルートの検討を今後の課題としている(写真10)。

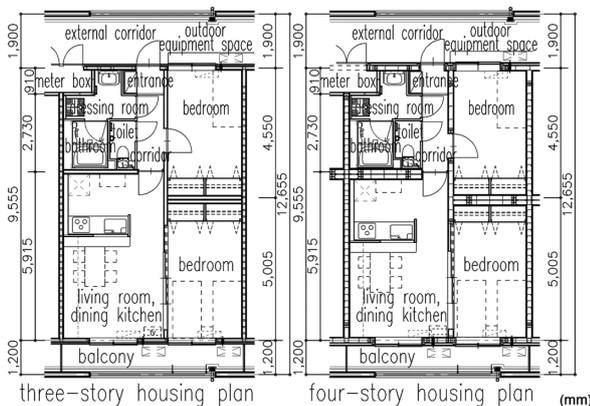


図8 3階, 4階建て居室プラン (同間取り)
Third-story and four-story living room plan

8.3 施工

8.3.1 パネル図

1,2階の耐力壁は、バーリング孔鋼板が片側に使用されている。耐力壁での孔鋼板配置面(外側または内側)、T字交差部における整合性、建築設備との取合等についてのチェックを行い、パネル図に反映させる必要がある。

8.3.2 パネル出荷の改善取組み

上下階の耐力壁を連結する接合機構は、圧縮抵抗断面を更に大きくした4階建て専用の鋳鋼製箱型金物³⁾(10kg/個)を使用し、軸力を伝達する機構となっている。金物自体が重量物であるため、出荷前にパネル内へ事前内装することで現場作業省力化を図り、安全かつ円滑な工事進捗を可能にした(写真11)。

8.3.3 現場重機

バーリング孔鋼板を使用した耐力壁は、工場生産パネル1枚当たり約1.0t程度の重量になり(現場でのバーリング孔鋼板張り作業は無い)、“3階建て”よりパネル1枚重量が約25~40%重い。基本的には25tラフタークレーンで施工可能であったが、作業半径によっては、50~60tラフタークレーンに変更し施工を行った。

8.3.4 ABの精度向上の取組み

3階建てと同様の施工フローでABの据付を実施するが、これまでAF下部通し山型鋼(AF構成部材)にUリングを取付けAB下部を固定したが、4階建てではさや管内に差し込んでずれ止め対策を講じた(写真12)。定着板によ

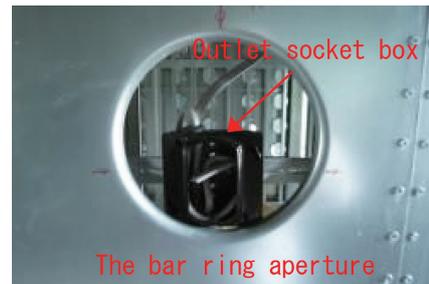


写真10 バーリング孔鋼板部コンセントボックス
Outlet socket box placement to the bar ring aperture



写真11 鋳鋼製箱型金物
Box form hardware made by cast steel



写真12 鞘管による固定
Fixed by the sleeve

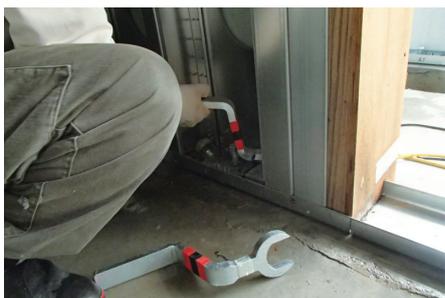


写真13 改良工具
Improvement tool



写真14 改良ソケット
Improvement wrench socket

る定着のためUリング掛かり代が取れず、さや管を使用する事とした。定着板による定着とした理由は、AB（特に大きなダウン AB）が“3階建て”より径が大きくなることで、全長も長くなるため、材料安価及び施工効率向上を図る必要性に対応したものである。

8.3.5 本締め

AB（特にホールダウンアンカーボルト）の径が“3階建て”より大きいため、改良工具を使用して本締めを行った（写真13）。トルクレンチを使用する場合、トルクレンチの先端に改良ソケットを装着し品質管理を行った（写真14）。

9. 今後の取組み

NSSF工法は、2006年の取組み開始より今日に至るまで、約30例の設計及び施工実績により、様々な工夫改善を行ってきた。今後、更に魅力的な商品へと仕上げるため、引き続き設計（意匠、構造）、設備、施工部門共同で、品質向上及び工期短縮への効果が大きい“標準化”に取り組んでいく。

主な事案として、

- (1) 平面及び壁配置計画の標準化
- (2) パネル製作工程の標準化
- (3) 施工上のユニット化、省力化

等を進めている。何れも、工場生産が特徴のNSSF工法のメリットを活かす上では重要であり、常に改善の目を持つことで、品質向上及び工期短縮への効果が期待できる。

謝 辞

これまで、NSSF工法を御採用頂きました。新日鉄住金、日鉄住金物流(株)、新日鉄興和不動産(株)、日鉄住金建材(株)他、には、技術の発展に寄与頂きました。深く感謝申し上げます。

参照文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(独)建築研究所監修、(一社)日本鉄鋼連盟編：薄板軽量形鋼造建築物設計の手引き
- 2) NSハイパーツ(株)：災地域に建設したスチールハウス被災状況1次調査結果報告、2011
URL: http://www.nshp.co.jp/img/topicspdf/NSHp_topics.pdf
- 3) 藤内繁明 ほか：新日鉄住金技報。(403)、121-129(2015)



小崎政文 Masafumi KOZAKI
日鉄住金テックスエンジニア(株)
建設事業部 技術部 建築設計技術グループ
マネージャー
東京都千代田区丸の内2-5-2 〒100-0005



小崎照卓 Shohtaku KOZAKI
設備・保全技術センター
土木建築技術部 建築技術室長



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



若山泰郎 Yasuo WAKAYAMA
日鉄住金テックスエンジニア(株)
建設事業部 技術部 建築設計技術グループ
マネージャー



藤澤弘喜 Hiroki FUJISAWA
日鉄住金テックスエンジニア(株)
建設事業部 技術部 建築設計技術グループ
チーフマネージャー



大成幸一郎 Koichiro ONARI
日鉄住金テックスエンジニア(株)
建設事業部 技術部
八幡設計技術グループ長



池田茂央 Shigehisa IKEDA
日鉄住金テックスエンジニア(株)
建設事業部 技術部 建築技術グループ
アシスタントマネージャー