



スチールハウス(NSSF®)工法の 商品力・魅力向上(意匠・施工性)への取り組み

Enhancing the Product Appeal and Attractiveness (Design Freedom and Workability) of the Steel House (NSSF®) Construction Method

スチールハウスは、木造2×4工法(枠組壁工法)の枠材を、板厚2.3mm未満の亜鉛メッキ鋼板を冷延成形した形鋼に置き換えた建築物である。当社初の取り組みは、2006年の日本製鉄株式会社殿名古屋製鉄所高横須賀社宅におけるNSスーパーフレーム工法®(NSSF®工法)であり、2012年度に釜石において東日本大震災の復興住宅、2014年度にはスチールハウスでは初の4階建となる大分明野社宅を建設している。近年では事務用途への展開を図り、大スパン化・内外装意匠性向上などの工法に関する技術向上及び床遮音・振動・温熱性能の評価を行っている。本稿では、社内案件3件を通じ、建物の外装について、材質・形状の意匠的改善取組と、室内空間改善(広さ改善及び、働き方改革やウェルビーイングの視点を踏まえた内装・仕物の意匠的な改善)を行った事例の紹介を行う。合わせて、NSスーパーフレーム工法®独自の品質管理ポイントをマニュアル化し、品質改善に取り組んだ事例を紹介する。

A steel house is a building in which the framing materials of the wooden 2×4 construction method (frame wall construction method) are replaced with cold-formed steel sections made from galvanized steel sheets with a thickness of less than 2.3mm. Our company's first initiative was the NS Super Frame construction method (NSSF® construction method) used in the NIPPON STEEL CORPORATION Nagoya Works Takayokosuka Company Housing in 2006. In FY2012, we constructed recovery housing in Kamaishi following the Great East Japan Earthquake, and in FY2014, we built the Oita Akeno Company Housing, the first four-story steel house. In recent years, we have been working to expand the use of steel houses to offices, making technical improvements related to construction methods, such as increasing span lengths, enhancing interior and exterior design freedom, and evaluating floor sound insulation, vibration, and thermal performance.

In this paper, we introduce three in-house projects in which we made design improvements to building exterior materials and shapes and improvements to the interior space (increasing space and making design improvements to the interior and furniture from the perspective of work style reforms and well-being).



大成 幸一郎
ONARI Koichiro
営業部



山口 悟史
YAMAGUCHI Satoshi
設計技術部
大分設計技術グループ



中村 大輔
NAKAMURA Daisuke
設計技術部
名古屋設計技術グループ



萩原 尚和
HAGIWARA Naokazu
工事技術部
建築技術グループ



福島 誠也
FUKUSHIMA Masaya
設計技術部
八幡設計技術グループ



伊藤 愛梨
ITO Airi
設計技術部
大分設計技術グループ



木村 萌
KIMURA Moe
設計技術部
八幡設計技術グループ

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2x4工法(枠組壁工法)の枠材を、板厚2.3mm未満の垂鉛めっき鋼板を冷間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、2012年の告示改正で4階建てや他の構造との併用構造が可能となった。

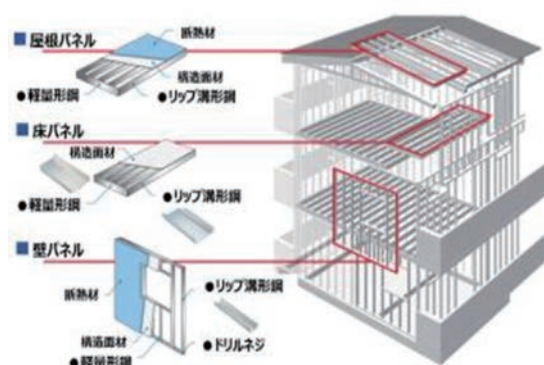


図1: NSスーパーフレーム工法®

当社初の設計・施工案件は、2006年日本製鉄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、2012年度には釜石において東日本大震災の復興住宅、2014年度には、スチールハウスでは初の4階建となる大分県野北社宅を建設している。以後、日本製鉄株式会社殿及びグループ企業殿の社宅・独身寮を主体に設計・施工の実績を積み重ね、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。



図2: 3階建て高横須賀社宅



図3: 4階建て大和田社宅

2 建築活用用途拡大への取組

近年では、建物活用用途拡大を目的に事務所用途への展開を図り、社内案件をフィールドに、大スパン化・内外装意匠性向上などの工法に関する技術向上及び床遮音・振動性能・温熱性能の評価を行っている。



図4: かずさのもり保育園



図5: 八幡電計整備事務所

(テックスエンジレポート2020 No.003掲載)

3 カーボンニュートラル時代に向けた変化への取組

近年急激にカーボンニュートラル時代に向け、各種建築性能に関する基準(省エネ性能・断熱性能)が変化してきている。(さらに2030年・2050年に向け基準強化見込み)

NSSF®工法の持つ「外張断熱・通気方式」による高断熱・高気密性能を活かせば、基準への対応が容易であり、強みとなる。

カーボンニュートラル時代への変化を、NSSF®工法にとって追い風ととらえ、近年は自社事務所案件をフィールドに、省エネ性能に優れたゼロエネルギービルとしてZEB化(Net Zero Energy Building)の取組を促進し、技術力を強化して、お客様への提案力を高めた。



図6: 大分建設センター
ZEB Ready



図7: 名古屋研修所
「ZEB」

(テックスエンジレポート2022 No006掲載)

さらに、2022年度に新たに基準化された、住宅性能表示の断熱性能等級6を、近畿大学岩前教授に、ご指導いただき、和歌山県のスミエイ殿事務所で実現した。



図8: スミエイ本事務所
NealyZEB

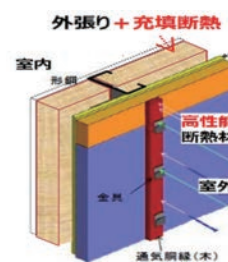


図9: ハイブリッド断熱
外張り断熱+充填断熱

4 自社案件を活用した意匠性向上の取組み

前述の性能強化に合わせ、建築物としての魅力向上に向け、意匠性の取組を行っている。

今回は主に、自社案件の内、大分建設センター・名古屋研修所・八幡構内事務所での取り組み事例を、「建物外装改善」・「建物内装空間の改善」とテーマに分けて紹介する。

4.1 建物概要

各種取り組み事例紹介に先立ち、取組を行った自社案件の概要を紹介する。

大分建設センター

地上2階、建築面積 264.95㎡、延床面積 509.34㎡
九州製鉄所大分構内に建設。

名古屋研修センター

地上2階、建築面積 470.56㎡、延床面積 935.36㎡
愛知県大府市に建設。研修施設内の教育棟。

八幡構内事務所

地上2階、建築面積 624.52㎡、延床面積 1198.8㎡
九州製鉄所八幡構内に建設。

4.2 建物外装の改善

NSSF®工法の外装材は、必要な耐火性能により、使用可能な材料が制限される。

耐火性能を要求されない建築物の場合、特に材料の使用制限は無く、窯業系サイディングに加え、金属サイディング等も使用可能である。建設場所の環境やデザインに合わせ、選択の幅は広い。

耐火性能を要求される外壁の場合、耐火認定に沿った材料を選定する必要があり、基本的にはニチハ製の窯業系サイディングとなる。

窯業系サイディング材は、住宅系を中心とした、多くの建築物で使用されており、材料の質感・色・表面形状は多岐に渡り、組み合わせにより外観デザインを構築できる。



図10: 標準外装材を用いた事務所の事例

左: 金属サイディング(パーティクルボード事務所)
右: 窯業系サイディング(生産部事務所)

4.2.1 異種壁材(イソバンド)のアクセント利用 (大分建設センターでの取り組み)

鉄骨造の事務所用途で多く使用されるサンドイッチパネル材を、一部アクセントとして採用し、意匠性向上・外装デザインのバリエーション拡充を図った。



図11: 外壁材の貼り分けイメージ

4.2.2 外壁の曲面化(名古屋研修所での取り組み)

NSSF®工法は、工場製作の壁を、現場組立する壁式建築工法であるため、壁は直線基調となる。

今回、前例の無い外壁の曲面化(半径R=3.5m)を具現化した。実現のために非耐火仕様による仕上げ材の変更と躯体パネルの形鋼形状について検討を実施した。

本建築物は1,000㎡未満の事務所用途のため、外壁耐火性能の要求がないことから、外壁材に角波カラー鋼板を採用し、リブ形状の鋼板の利点である変形性能を活かして、曲面化を検討し、曲面半径の最適解を得た模索した。



図12: 曲面外壁の外観

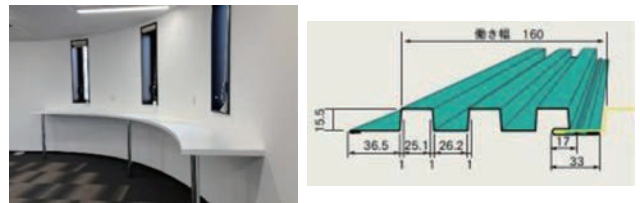


図13: 室内側空間イメージ

図14: リブ形状の鋼板

躯体パネルの構成と形鋼形状

曲面である外壁の仕上げ材の内側にある、鉛直荷重を受ける構造躯体パネルは曲面ではなく、幅620mm程度の直線的な9枚のパネルを多角形に構成し接続している。その接続面となるパネル両端部には、角度を5°傾けた特殊加工金物を使用して、各パネルをメタルタッチでビス接合する事で、直線的な躯体パネルを柔らかい曲面形状に近づけた。

4.2.3 事務所建築向け外装材の採用 (八幡構内事務所での取り組み)

前述のとおり、耐火性能を必要とする外壁の場合、主に住宅系で使用する窯業系サイディングの使用が条件となる。

今回の取り組みは、事務所の外観をスタイリッシュにするために、事務所建築向けとされる窯業系サイディング材を採用したものである。

現在の耐火認定では、窯業系サイディングは住宅向け製品が主であり、事務所建築向けの製品を選択することができなかった。

事務所向けサイディング材は、外装材を取付けるための金具の認定に耐火認定上の制約があり、そのままでは使用できなかったことから、認定適合の解決に取り組んだ。

表1: 外装材と目地・金具の種類

外装材種類	目地	金具
住宅向け	シーリング目地	通気留付金具 EX
事務所向け	合いじゃくり目地	またがけ金具

解決策としては、事務所向け製品に住宅向け金具を採用し、さらに「横ずれ防止金具」という金具を追加することにより耐火認定に適合できたので事務所向け製品を採用することが可能となった。



図15: 事務所用窯業系サイディング外装材採用事例

4.3 建物室内空間の改善

建築物の魅力は、外観だけでなく、実際に建物を使用する室内空間を魅力的に提案することが大事である。

今回の取組紹介として、以下3項目に分類し紹介する。

- ・室内空間拡大(平面的な広さ、天井高さ)
- ・NSSF®工法の特徴である内部耐力壁の魅力的・機能的な利用提案
- ・働き方改革を見据えた、室内空間・什器備品の改善

4.3.1 室内空間拡大(平面的広さ、天井高さ)

(1) 平面広さの改善

NSSF®工法は、構造壁で囲われた壁式構造であり、床は壁間に渡した根太で支えられている。

床を支える根太の長さは、これまで住宅に採用されることが多かった為、標準的には6.0m以下のスパンとなっており、壁間の空間寸法はそれ以下に設定されていた。

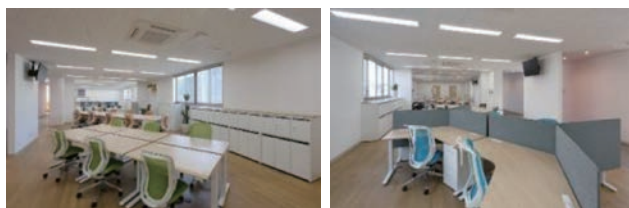


図16: 幅6mスパン事例(パーティクルボード事務所)

事務所空間としては、6mスパンは自由度が低いことが課題であったことから、スパンを広げるために、根太成を従来の235mm成(根太の高さ)から、300mm成に拡大し、さらに形鋼を複数枚組み合わせることで、根太の構造的性能を

高めた。(テックスエンジニアリング2020 No.003にて紹介)

一方でNSSF®工法では、根太方向の壁スパンには制限があるが、根太の直方向の壁スパンは制限がなく、自由度が大きい。

名古屋研修センターでは、教室として7.28m×21.3mの広い空間を確保し、使用勝手に自由度を持たせるためにスライディングウォールを活用し、空間の4分割を可能とした。



図17: スライディングウォールで間仕切り可能な教室

(2) 天井高さの改善

NSSF®工法の壁パネルは2,730mmと、3,030mmの2種類の高さの物が、主に使用される。

事務所用途では、天井高さを確保する為に、3,030mmタイプの壁を使用することが多いが、天井裏に設備機器・配管等を敷設するスペースを確保すると、室内の天井高さは、おおよそ2,500mm程度が限界となっていた。

事務所用途への拡張において、天井高さを2,500mm以上確保したいという顧客からのニーズを受け、八幡構内事務所にて、天井高さの改善の取り組みを実施した。

表2: 天井高さの改善パターン

パターン	天井取付方法	天井高さ
一般部	天井根太+吊ボルト+軽天下地	2,500mm
改善案①	床根太+吊ボルト+軽天下地	2,850mm
改善案②	床根太+弾性野縁+軽天下地	3,000mm

改善案①

通常は床根太下部に空間を設けて設置する空調機の天井内設置スペースを小さくし、天井高さを確保するために、空調機設置位置の床根太の一部の根太成を小さい部材に変更することで、幅の狭い住宅用天井カセット式空調機の床根太間設置を可能にした。

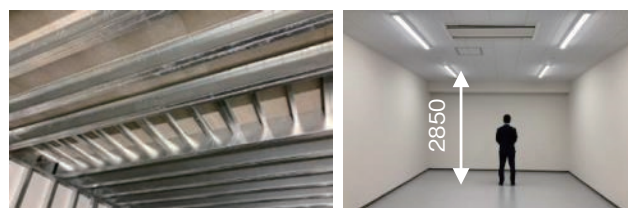


図18: 空調機部分の小城根太と天井高さ2,850mm空間

改善案②

天井内に空調機を設置するスペースを必要としない、天井吊下式空調機を設置し、天井を床根太ギリギリまで上げる納まりを採用し、天井高さ3,000mmを実現した。

この検討において、従来、床根太の下部空間に設置していた、空調用冷媒管及びダクト等の設置方法が課題となった。新たな検討として、床根太に大口径孔を開け、その中に配管・ダクトを通せる構造とした。

表3:床根太の設ける開口パターン

パターン	開口大きさ	バーリング加工	開口の数
パターン①	128Φ	あり	5カ所
パターン②	164Φ	あり	4カ所
パターン③	180Φ	無し	5カ所

上記表の開口の数は床根太1本あたりの開口数

床根太の開口は455mmピッチで連続して開けることが可能であり、これにより床根太間のスペースに冷媒管や配線等を納めることが可能になった。

また、今回は試験的に天井仕上げボード材を設けない、最も空間高さが確保できる、スケルトン天井を試行した。

根太間を通した配管・配線の類は整然としており、露出天井にして、見せる提案も可能となった。

意匠的な仕上げに関する課題と、床遮音性能の検証が必要ではあるが、室内天井高さ方向の空間確保に関する大きな成果が得られた。

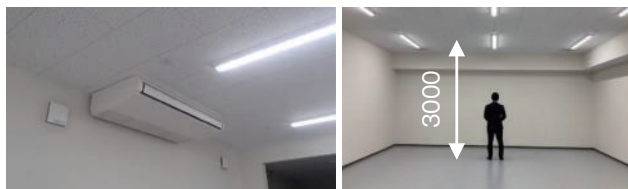


図19:天井吊空調機と天井高さ3,000mm空間



図20:穴あき根太とスケルトン天井

4.3.2 内部耐力壁の魅力的・機能的利用提案

NSSF®工法は、構造壁で組み立てられた構造であることから、一定条件のもとに、上階床及び屋根を支える構造壁を建物内にも配置する必要がある。そのため広い室内空間を確保すると、室内に構造壁が出る。

これらの室内構造壁に付加価値を付け、有用かつ魅力的で執務環境の向上を目指した提案として、取り組んだ事例を紹介する。

(1) 視覚的空間拡大を狙った透過性効果壁の提案

大分建設センターの1階室中央部のバーリング孔付鋼板耐力壁を、従来の石膏ボードで見えない様に仕上げを行うのではなく、今回はあえて鋼板壁を露出で使用し、バーリング孔から背面を透過させることで、視覚的空間拡大の効果を狙った。(意匠登録済み)

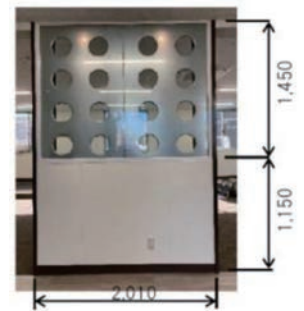


図21:透過性効果壁

バーリング孔付鋼板の透過率は約17%と高くはないが、スーパーダイマ®の高耐食性亜鉛メッキ鋼板と、規則正しく開けられたバーリング孔の壁は美しく、空間の意匠的質感を引き立たせる効果が得られた。

バーリング孔付鋼板壁の付加価値利用提案

大分建設センター1階において露出したバーリング孔付鋼板の露出部は3カ所ある。それぞれ工夫を凝らし、活用提案のモデルとして構築している。

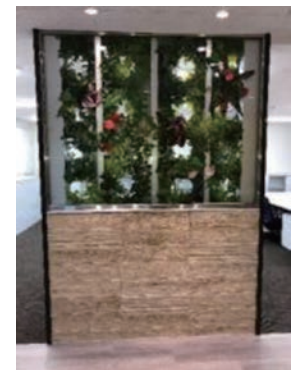


図22:壁面緑化壁(下段は調湿脱臭壁)

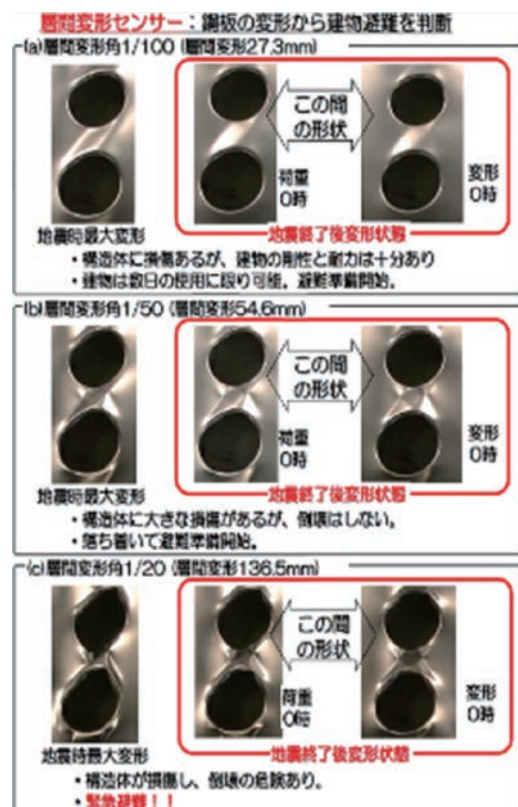


図23:変形モニタリング

1か所目は前述のバーリング孔付露出壁をプレーンに仕上げ、質感の高さと、透過効果を主に狙った。

2か所目は、バーリング壁のスチールの特性を活かし、マグネット式造花をあしらえて、壁面緑化とし、執務環境のリフレッシュ機能・意欲向上を図った。

また壁仕上げに、調湿・脱臭性能を持つデザイン壁を一部採用し、意匠性を向上させた。

3か所目は、極大地震時における避難目安となる建物の損傷度合いが確認できるモニタリング機能を付加した、バーリング孔付鋼板壁である。地震後にバーリング孔付鋼板に生じた皸と壁実験の変形写真及び説明板とを見比べることで、建物の層間変形の概略を電気的な装置を用いることなく知ることができる。災害停電時であっても、建物の継続使用や避難の判断をする際の補助として使用できる。

(2) Well-beingに向けたデザイン・機能の付加

昨今、コロナ禍を境に、急激にオフィスにおける働き方改革が注目されている。フリーアドレス化や、WEB会議化など、物理的な働き方の変化への対応を目的とした、什器・備品の提案に加え、Well-being(ウェルビーイング)を支えるワークプレイス改革が求められている。

世界保健機構(WHO)によると、ウェルビーイングとは「個人や社会のよい状態」とされ、「健康とは肉体的・精神的・社会的に満たされた状態」を維持する事とされており、SDGsの目標3にも「健康」は記載されている。

今後、事務所の提案に「健康」は不可欠なキーワードと捉え、自社事務所で取り組んだ事例を紹介する。

1) 構造壁の有効利用

室内構造壁により、単調になりがちな広い執務空間の中で、ちょっとした人が集まる変化点を作り出せる。さらに自然なコミュニケーションが生れる様な、仕掛けを作った。

大分建設センターでは、室内構造壁部分にマグネットボードとスタンディングミーティングスペースを設けた。

また、室内壁をプロジェクターのスクリーンとして使用することで、簡易なミーティングスペースを構築した。



図24: スタンディングミーティングスペース

2) 構造壁で囲われた空間の有効利用

ウェルビーイングなワークプレイスには、いわゆる執務

空間に加え、リフレッシュ空間が必要である。

リフレッシュ空間は、ただ休憩室として設けるのではなく、集まる楽しみを感じることが大事であり、人が集まることで生まれる良い効果を作り出す。

また働き方の多様さに対応すべく、仕掛けを空間と什器を用いて構築した事例を紹介する。

大分建設センターでは、室内構造壁に囲われた空間をリフレッシュスペースとして構築した。

リフレッシュスペースは、あえて壁で区切らず、床材や壁の色で空間を分け、ポップな色調の什器を設置することで、明るく楽しい空間とした。また、前述した壁面緑化や調湿脱臭壁を空間に隣して配置する事で、健康的で落ち着いた空間とした。



図25: 大分建設センターのリフレッシュ空間

八幡構内事務所では、執務室に隣接した壁で区切られた空間を開放されたコミュニティスペースとし、室内の壁や床材の質感に工夫を加えた。さらに使い方によって組み合わせや配置を容易に変更できるような、複数種類の什器を設置し、休憩時間だけでなく、少人数のミーティングや、WEB会議時の個人利用でも使用できる多様な空間を構築した。

スペース内の壁・床のデザインはカフェやバーをイメージし、使用者が楽しく使用できるスペースとした。



図26: 八幡構内事務所のコミュニティスペース

5 NSSF® 工法 品質改善取組

5.1 施工管理マニュアル作成

NSSF®工法は薄板軽量形鋼を用いた壁式構造であり、一般的な鉄骨造や鉄筋コンクリート造とは構造が大きく異なるため、工法特有の品質管理ポイントが多く存在する。

そこで施工標準化及び品質向上を目的とした「施工管理マニュアル」の作成を行い、施工管理時に使用することで品質改善に取り組んだ。

マニュアル作成に当たっては、NSSF®工法の、豊富な施工経験を有する技術者に参画頂き、一連の施工手順に沿って、品質管理ポイントを抽出し、分かりやすくマニュアル化した。

また、品質のみならず安全に関しても、作業フロー毎の危険リスクと安全対策を記載した。

マニュアル内容がそのまま施工計画書にも充分活用出来るものとした(図1、2)。

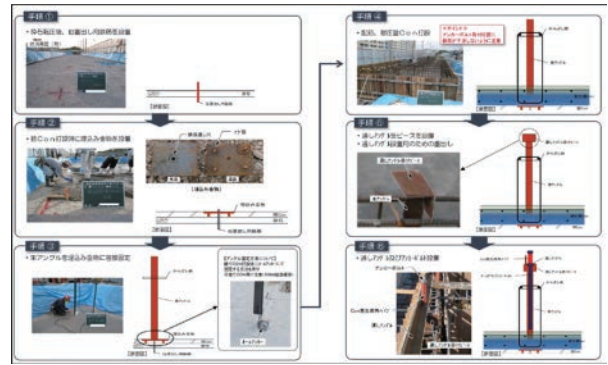


図29:アンカーフレーム設置手順

5.3 動画マニュアルについて

施工経験の浅い技術者でも分かりやすく、理解が深まるように、動画でのマニュアルを作成した。

パネル建方時の品質管理ポイントや、安全管理ポイントを分かりやすく解説している。

本マニュアルは建設事業部ポータルサイトに掲載し、全国各所の社内技術者がいつでも閲覧可能とした。



図27:施工管理マニュアル

作業工程	① 1階床の基礎コンクリート打設	② 1階床の鉄筋配筋	③ 1階床のコンクリート打設	④ 1階床の養生
作業方法	基礎コンクリートの打設	鉄筋の配筋	基礎コンクリートの打設	養生の設置
安全対策	基礎コンクリートの打設	鉄筋の配筋	基礎コンクリートの打設	養生の設置
品質管理	基礎コンクリートの打設	鉄筋の配筋	基礎コンクリートの打設	養生の設置
作業工程	⑤ 2階床の基礎コンクリート打設	⑥ 2階床の鉄筋配筋	⑦ 2階床のコンクリート打設	⑧ 2階床の養生
作業方法	基礎コンクリートの打設	鉄筋の配筋	基礎コンクリートの打設	養生の設置
安全対策	基礎コンクリートの打設	鉄筋の配筋	基礎コンクリートの打設	養生の設置
品質管理	基礎コンクリートの打設	鉄筋の配筋	基礎コンクリートの打設	養生の設置

図28:安全管理ポイント(抜粋)

5.2 アンカーボルト精度確保のための標準化

NSSF®工法は壁式構造のため、アンカーボルト(基礎と壁パネルを緊結するためのボルト)の本数が多く、設置作業や精度チェックに多くの手間が掛かる。一方でアンカーの精度確保は、重要な品質管理ポイントである。

アンカーボルトは“アンカーフレーム”と呼ばれる仮設架台を用いて基礎コンクリート型枠内に設置するが、一般的には、現場毎に工事担当者が形状を決めていることが多く、品質管理方法が一律とは言えない。

今回、アンカーボルト精度において品質の均一化を図るため、これまでの施工実績を基にアンカーフレーム形状とその設置手順をマニュアル化した。

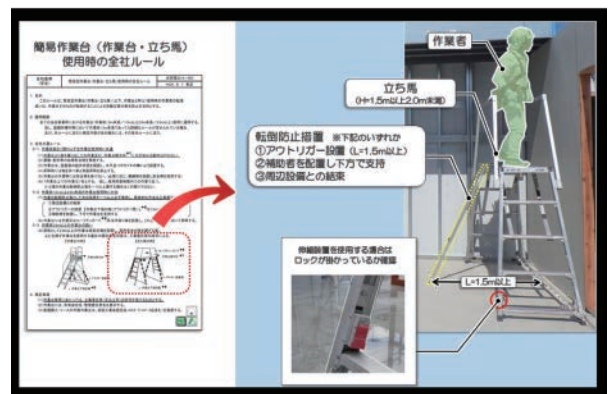


図30:動画マニュアル

6 最後に

事例紹介をした名古屋研修センター、大分建設センター、八幡構内事務所は、事務用途における断熱・遮音などの課題解決と、意匠性向上のテーマと並行し、国の施策であるカーボンニュートラルの実現に向けたZEB取得に取り組んだ。

また社内案件では無いが、健康性能の高い事務所を目指した和歌山のスミエイ事務所では、2022年に基準改定された、住宅性能表示の断熱等級6といった高断熱事務所を実現した。

高断熱化は室内温度変動が少なく、健康性が向上すると言われているが、それをNSSF®工法の外張貼り断熱に充填断熱材を付加する「ハイブリッド断熱」で達成した。

今回は主に意匠性向上について紹介したが、省エネルギーと働き方改革、健康性(ウェルネス)は、現代の建築物に求める主ニーズとなっている。NSSF®工法を通じ、新しいニーズの研究を行い、堅実に各種要素を含んだ実績を積み、知見を得ることで、お客様に魅力的な提案ができる技術力を強化することが出来た。

社内工事におきましては、社内関係部門のご協力、ご理解を頂いたことに、深く感謝申し上げます。

最後に、これまでNSスーパーフレーム工法®の技術確立及び改善への取り組みにあたり、日本製鉄株式会社 建材薄板室殿、NSハイパーツ株式会社殿、近畿大学殿にご指導頂きましたことに感謝いたします。

参照資料

- 1) TEXENG Report2020 No.003
スチールハウスによる保育所建設における取組と今後の展開
- 2) TEXENG Report2023 No.006
スチールハウスの性能・強みを活かしたSH-ZEB提案
- 3) 日本製鉄技報 第405(2016) 土木建築技術特集
スチールハウスの設計,施工の実際と今後の取組み
- 4) 日本製鉄技報 第420(2023) 建設技術特集
建材薄板商品の多様化/省資源で施工性と断熱性能に優れたスチールハウス

「NSスーパーフレーム工法」、「NSSF」、「スーパーダイヤ」は日本製鉄株式会社殿の登録商標です。

お問い合わせ先

建設事業部 営業部

TEL. 03-6860-6600(本社代表)

[メールの場合]:

more_information-kensetsu@tex.nipponsteel.com