

# JFE グループの土木・建築建材および工法の概要

## Overview of Construction Products and Methods in JFE Group

石澤 毅 ISHIZAWA Takeshi JFE スチール 建材センター 建材開発部長  
村上 琢哉 MURAKAMI Takuya JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究部長・博士(工学)

### 要旨

JFE グループでは、これまで建設マーケットニーズにこたえるべく、鋼材の優れた特長を活かした多様な建材商品および工法の開発と技術普及活動を推進している。本稿では、それらの中から土木・建築分野における耐震、防災、生産性向上に関する代表的な建材商品および工法の概要について紹介する。

### Abstract:

JFE group has been developing the various products and construction methods to respond to construction market demands. Taking advantage of the excellent characteristics of steel materials, we are promoting the development and technology dissemination activities of various products and construction methods.

This paper introduces representative products and construction methods such as: earthquake resistant technology, disaster prevention technology and productivity enhancement in architecture and civil engineering fields.

## 1. はじめに

我が国は世界的にも有数の自然災害多発地域に位置し、これまでも度重なる大規模災害に見舞われてきた。今後も発生が想定される巨大地震や地球温暖化の影響で年々激しさを増す大規模水害等に対しても従来の想定を超えるレベルの災害リスクが懸念されており、人命や暮らしの安全と経済社会の維持・発展のためにもしなやかで粘り強いインフラ施設の整備が求められている。一方、東京オリンピックの開催を控え、首都圏を中心に旺盛な建設環境にある中、建設業界においても深刻な少子高齢化問題に直面しており熟練技能者の急激な減少や生産性向上への対応が急務となっている。本稿では、これらの社会情勢に対応すべく、JFEグループ(以下「JFE」とする)がこれまで開発した土木・建築分野における建材商品および工法の概要について紹介する。

## 2. 土木建材および工法

### 2.1 土木分野での商品・利用技術開発

JFEの土木分野における建材商品が対応する区分として、大きく「耐震・防災」、「地下」、「省力化技術」の3つに分類される。まず、「耐震・防災」については、我が国の社会基盤を守る根幹の技術として最も重要な分野であり、安心・安全でかつ経済的な商品や工法の開発に積極的に取り組んでいる。次に「地下」分野については、主に都市部の再開

発を進めるにあたり、建設用地や建設工期に制約がある中、鋼材の特長を活かした狭隘地や近接施工に対応した商品や工法の開発・普及を進めている。また、「省力化技術」については、溶接工や配筋工など労働者不足に対応した商品や工法開発に重点的に取り組んでいる。以下にそれらの代表例を紹介する。

### 2.2 耐震・防災分野

#### 2.2.1 高強度鋼管杭 (TS=570~590 N/mm<sup>2</sup> 級)

近年、経済設計の観点から杭の高支持力化が進行し、従来の杭体よりも高い耐力を有する材料が求められるようになりつつある。加えて、東北地方太平洋沖地震以降、地震や津波などによる設計外力の見直しにより、鋼管杭も従来の板厚や材質では設計が成立しないケースも散見されている。これに対し、JFEでは従来の鋼管杭 SKK490 (降伏耐力 315 N/mm<sup>2</sup>) に比べて、設計耐力を 40% 以上向上した引張強さ TS=570~590 N/mm<sup>2</sup> (降伏耐力 440~450 N/mm<sup>2</sup>) の高強度鋼管杭を開発し、鋼管杭の主要製法であるスパイラル製法および電縫製法において最大板厚 t25 mm の厚肉対応までを実用化している。また、これらを用いた設計法や工法の開発・提案により港湾<sup>1)</sup>、治山、建築分野を中心に広く普及活動に取り組んでいる。

#### 2.2.2 鋼管杭工法

JFEでは鋼管杭の特長を最大限に発揮すべく様々な杭工法の開発を進めてきた。HYSC杭(鋼管ソイルセメント杭)工法は、原地盤の土にセメントミルクを注入・攪拌して築造したソイルセメント柱にリブ付鋼管を沈設して一体化を図った工法で、ソイルセメント柱を杭体の一部としてみなす

2018年10月29日受付



写真1 コン剛パイル®工法

Photo 1 Kongo Pile™ method

ことができ高い支持力と水平抵抗が得られる。ソイルセメント柱として最大 $\phi 1600$  mm（鋼管径 $\phi 1400$  mm）の施工が可能であり、道路・鉄道分野を中心に500件以上の実績を重ねている。また、つばさ杭®工法は、杭先端に杭径の1.5～3倍の外径で2枚の半円形鋼板を用いたシンプルで経済的な先端翼を有する回転貫入鋼管杭工法である。先端翼により大きな押し込み支持力、引抜き抵抗力が得られることや施工時に無排土でかつセメントミルク等を一切使用しないなどの特長がある。また、杭径も $\phi 100\sim 1600$  mmと幅広いサイズに適用でき、土木・建築分野あわせて900件以上で採用されている。一方、コン剛パイル®工法（写真1）は、柱荷重が15000 kNを超える大型の物流倉庫やプラント施設での1柱1基礎の適用を可能とすべく、最大径 $\phi 1500$  mm、先端根固め球根径 $\phi 3000$  mmの施工を可能とした建築向けの新しい杭工法である。杭材に鋼管杭と既製コンクリート杭を組み合わせて経済性が図れることや、杭先端根固め部の掘削時にヘッドの拡翼状況を地上でリアルタイム確認により信頼性の高い施工管理が出来るなどの特長がある。コン剛パイル工法は、2017年3月に（一財）ベターリビングの一般評定を取得している<sup>2)</sup>。

### 2.2.3 港湾施設向け耐震防災工法

現在、港湾施設の整備として大規模地震に備えた強く粘り強い防潮堤や堤防などの整備や耐震性向上や増深による能力増強を目的とした既設港湾施設のリニューアルが積極的に進められている。JFEではこれらに対応すべくハイブリッド防潮堤®およびアーク矢板ジャケット工法<sup>3)</sup>を開発している。ハイブリッド防潮堤は、鋼とコンクリートのハイブリッド構造のプレキャスト部材と基礎杭から構成され、臨海道路に沿った狭隘なエリアにおいても、省スペースでかつ現場工期の大幅短縮を図ることが可能である。また、アーク矢板ジャケット工法はアーク矢板土留と呼ぶ鋼矢板セルとジャケット栈橋を一体化した栈橋工法である。土留には直線矢板を使用することで土圧を矢板の面内周方向の引張力で効率良く負担するとともに前面のジャケット構造で負担させることにより大水深栈橋への適用も可能である。

### 2.2.4 メタルロード®工法

メタルロード工法<sup>4)</sup>は、圧延H型鋼で構成される上部工と鋼管杭基礎を剛結により一体化した構造の上に床版を備えた立体ラメンプレハブ栈道橋である。鋼管杭を手延べ施工により打設することで狭隘地においても既設道路を供用しながら短期間で施工することが可能であり、これまで中山間部の急傾斜面における本設道路の拡幅工事を中心に500件以上の採用実績がある。近年、幹線道路への適用拡大を図るべくメタルロード工法特有の構造形式に対する耐震性能評価に関する研究を進めている。

### 2.2.5 Jスリット堰堤, JD フェンス

Jスリット堰堤は、鋼製砂防構造物の透過形式に属し、洪水発生時に堰上げが発生しにくく土石流の先頭部を開口部にて確実に捕捉する溪流内に設置される施設として用いられている。一方、2014年に広島市に甚大な被害をもたらした土砂災害のように0次谷と呼ばれる普段は水の流れがないエリアにも対策が求められるようになっており、従来の砂防堰堤の設置が困難な場所へも適用出来るコンパクトな防災施設「JD フェンス」を開発するなど、新たな形態の土砂災害防止に資する商品開発にも積極的に取り組んでいる。

## 2.3 地下分野

### 2.3.1 地下建材の本体利用技術

近年、都市部の再開発が盛んに行われている中、免震レトロフィットに代表される既設建屋の地下外壁工事や地下通路の建設において、狭隘な建設用地の限られたスペース内に地下壁の構築を求められるケースが増えている。これを受けJFEでは鋼矢板の薄壁化や本設利用に関する研究開発を進めている。J-WALL®工法<sup>5)</sup>は、仮設の土留め壁として利用したハット形鋼矢板に地盤掘削後に頭付きスタッドを溶接し、後打ちの鉄筋コンクリートと一体化させることで本設の合成地下壁を構築する工法である。一方、J-WALL® II工法（図1）<sup>6)</sup>は、頭付きスタッドの代わりに、CT形鋼および定着用鉄筋をハット形鋼矢板にあらかじめ工場で取り付けた合成構造用鋼矢板（ビートルパイル）を用いることで、掘削後の工程を短縮するとともに鋼矢板と鉄筋コンクリートとの接合強度を高められさらに薄壁化を図ることがで

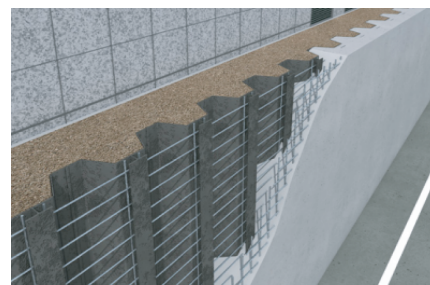


図1 J-Wall® II工法

Fig. 1 J-Wall™ II method



写真2 アーバンウォール®工法  
Photo 2 Urban Wall™ method



図2 ハイメカネジ®  
Fig. 2 High Mecha neji™

きる工法である。

Jドメール®は直線矢板とH形鋼を組み合わせた高剛性土留め用壁体で、同等の剛性を有する鋼管矢板に比べて300～500mm程度壁厚を薄くすることが出来る。Jドメールはこれまでに道路擁壁、河川護岸、地下河川の側壁などの本体壁として採用されているが、今後の都市部における狭隘地の地下再開事業においても適用が期待される商品である。

### 2.3.2 地下トンネルおよび立坑構築技術

2000年の「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」成立以来、都市における大規模な道路、鉄道、上下水、河川を地下に整備する事業が進められている。これに対応すべくJFEでは、鋼製、コンクリート製、鋼コンクリート合成の様々なシールドトンネル用セグメントを開発・生産している。さらに、JFEでは鋼製またはコンクリート製のセグメントを用いた都市型圧入ケーソン「アーバンリング工法®」を実用化している<sup>7)</sup>。アーバンリング工法は、RCケーソンなどの在来工法に比べて狭隘地や近接施工、上空制限での施工が可能であることや工期の大幅短縮が図れることから、外径3～15m、最大深度70m程度の立坑、橋脚下部工、地下駐輪場等を中心に累計350基以上で採用されている。また、アーバンリング工法よりもさらに大口径、大深度の立坑ニーズに対応すべく、鋼コンクリート合成構造セグメントを用いたアーバンウォール®工法(写真2)の開発にも取り組んでいる。

## 2.4 省力化技術

国交省が2016年から進める建設現場の働き方改革の強力な推進のもと、省力化技術への要請は今後一層高まりを見せている。ここではJFEの土木分野における代表的な省力化技術について紹介する。

### 2.4.1 鋼管杭機械式継手

JFEでは、昨今の工期短縮や省力化施工への要請を踏まえ、鋼管杭の使用条件に応じた各種機械式継手を開発している。地滑り抑止杭用に開発したねじ継手「JFEネジール」は山間部の狭隘な施工環境で経済性が発揮される厚肉鋼管杭向けに実用化したもので、多条テーパーねじの採用により、高

い曲げ耐力が得られるとともにねじ継手接合のために必要な回転数が約1回転で完了するよう工夫を施している。また、一般杭用継手として開発した「ハイメカネジ®」(図2)は、クレーン等を使用できない低空頭環境下においても接合時にねじが建込み易くかじり難い平行ねじを採用するとともに、回転杭等で見られる杭打設時の逆回転作業に対して離脱防止機構を有する仕様としている。ハイメカネジは、最大径φ2000mm、鋼管矢板や打撃工法への適用性も確認し、2018年に(一財)土研センター建設技術証明の更新(内容変更)を行っている<sup>8)</sup>。同じく一般杭用の機械継手として、大径杭への適用をターゲットに開発した差込み式継手「カシン®」は、最大適用実績がφ1700mmでこれまで港湾や道路分野の打込み杭や埋込み杭に用いられている。

### 2.4.2 突起付H形鋼を用いた橋脚・橋梁急速施工技術

JFEでは、コンクリートとの高い付着性能が得られる突起付H形鋼「ストライプH」を用いて、橋脚や橋梁工事における配筋作業の省力化工法の開発と普及に取り組んでいる。橋脚用途向けに開発したREED工法は、軸方向鉄筋の代わりにストライプHを用いるとともに本体構造の一部として適用可能な高耐久性埋設型枠であるSEEDフォームを組み合わせた橋脚構築工法で、在来の現場打ち工法に対して大幅な工期短縮が可能な技術として着実に実績を積み重ねている。また、突起付H形鋼を半切した突起付T形鋼を用いた合成床板橋として、リバーブリッジ(KCSB)およびリバーデッキ(KCSD)を実用化している。これらの合成床板では、コンクリートとのずれ止めとして突起付T形鋼を使用することによりスタッドジベルの取付が不要であること、また、鋼パネルはコンクリート系床版と比較して架設重量が軽量で底鋼板が床版型枠を兼用しているため仮設工を削減できるなど、現場の短期施工を実現する工法として普及している。

### 2.4.3 角形鋼管切梁システム「Ecoラム®工法」

山留や覆工を始めとする重仮設工事の分野においても省力化や合理化の検討が進めている。中でも、座屈性能の高いコラム(角型鋼管□350～400mm)切梁を用いた「Ecoラム®工法」(図3)は、従来のH形鋼切梁を用いた工法に比べて、大スパン化の実現により中間杭を削減するとともに、



図3 Eco ラム<sup>®</sup>工法  
Fig. 3 Ecolumn<sup>TM</sup> method

作業空間を広く確保することができ掘削や躯体工事の能率も向上し、現場の大幅な生産性向上を実現している。Eco ラム工法は既に170件以上の採用実績があり今後さらなる普及が期待される。

### 3. 建築建材および工法

#### 3.1 建築分野での商品・利用技術開発

近年、建築分野は2020年東京オリンピック開催等を背景に旺盛な需要環境にある。JFEではこの需要環境に対応するべく、厚板・H形鋼・鋼管を中心に様々な鋼材製品や利用技術を開発し、実用化している。

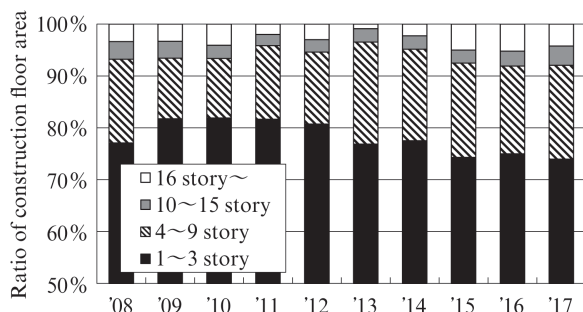


図4 鉄骨造 階数別 着工床面積比率 (新築)<sup>10)</sup>

Fig. 4 New construction floor area by number of story of steel structure<sup>10)</sup>

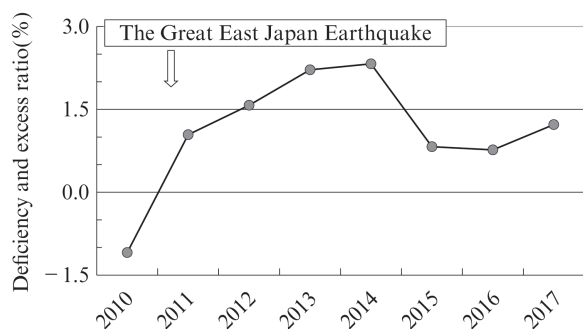


図5 建設技能労働者過不足率の推移 (全国)<sup>11)</sup>

Fig. 5 Deficiency and excess ratio of construction skilled workers<sup>11)</sup>

超高層建築分野では、2011年の東北地方太平洋沖地震や2016年の熊本地震など、地震規模の増大傾向がみられ、南海トラフ地震や相模トラフ地震などによる長周期地震動に対して甚大な被害予測が出ており、その対策が検討されている<sup>例えは9)</sup>。鉄骨造骨組においても、柱や梁部材の高強度化、制振ダンパーの活用などが設計実務に取り入れられている。

また、鉄骨造は高層・超高層建築物や大スパン建築物などの大型建築物での採用イメージが強いが、図4<sup>10)</sup>に示すように、現在でも鉄骨造建築物の多くは中低層建築物が占めている。JFEではこのボリュームゾーンとなる中低層建築分野においても、耐震性向上や設計・施工の合理化へ貢献するべく様々な製品を開発・実用化している。

一方近年では、少子高齢化等により図5(労働者の需給状況で、+が労働者の不足を表す)に示すように建設技能労働者の不足傾向が続いており<sup>11)</sup>、これに対する現場省力化は喫緊の課題となっている。JFEでも、この課題に対し貢献するべく様々な商品開発・工法開発を行っている。

ここでは、これまでに開発してきた製品・技術の中から代表的なものを紹介する。

#### 3.2 超高層建築分野

##### 3.2.1 建築構造用高強度鋼

JFEは、業界トップレベルのTMCP(thermo mechanical control process)技術を駆使して、優れた耐震性と溶接性を有する建築構造用高強度鋼の主力として「HBL<sup>®</sup>シリーズ」を開発してきた。表1に「HBLシリーズ」の製品一覧を示す。HBLシリーズの厚板製品は主に超高層建築物の柱材に用いられる溶接組立箱形断面柱の原板(スキンプレート)として使用されることが多いが、近年では大断面梁に用いられる溶接組立H形鋼の原板や冷間成形角形鋼管柱のダイヤフラム材、露出柱脚のベースプレート等としての使用も増えている。その他の利用技術として、JFEでは主に超高層建築物に用いられる図6に示すような高強度耐震壁の開発・実用化も行っている。

HBLシリーズ以外の建築構造用高強度鋼としては、590 N/mm<sup>2</sup>鋼(厚板)としてSA440、780 N/mm<sup>2</sup>鋼(厚板)としてH-SA700、HITEN780Tをラインナップしている。

表1 HBLシリーズ製品一覧

Table 1 List of HBL series

	Specification	YS (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	YR (%)
Plate	HBL325	325	490	80
	HBL355	355	520	80
	HBL385	385	550	80
	HBL440	440	590	80
	HBL630	630	780	85
H-shape	HBL-H355	355	520	80

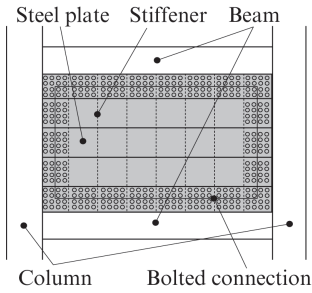
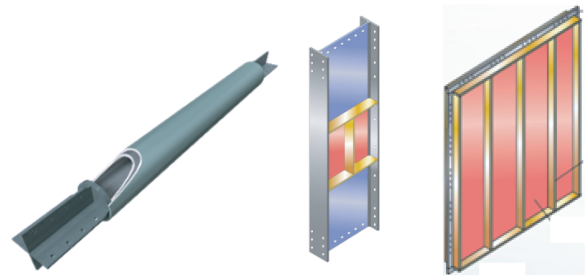
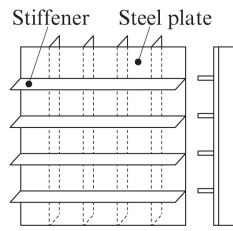


図 6 鋼板耐震壁

Fig. 6 Steel plate shear wall



(a) Brace type (b) Stud type (c) Wall type

図 8 履歴型制振ダンパー

Fig. 8 Hysteretic damper

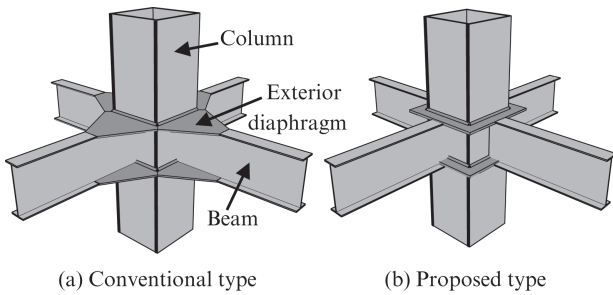


図 7 外ダイアフラム形式

Fig. 7 Types of exterior diaphragm

780 N/mm<sup>2</sup> 鋼は溶接施工を行う場合に、現状では高度な技術と管理が必要であるため、図 7 (b) に示すような大入熱溶接の必要がない外ダイアフラム仕口（柱梁接合部）の開発・実用化も行っており、すでに大型プロジェクトにも採用されている。

### 3.2.2 制振ダンパー

現在では多くの超高層建築物に地震エネルギーの吸収を目的とした制振ダンパーが設置されているが、前述のとおり長周期・巨大地震の発生が予測されており、高層・中層建築物にもその使用が広がってきている。制振ダンパーは、大きく「履歴型」、「摩擦型」、「粘性型」、「粘弾性型」に分類されるが、JFE では、図 8 に示すような低降伏点鋼を用いた「ブレース型」、「間柱型」、「壁型」の 3 形式の「履歴型制振ダンパー」を開発・実用化しており、すでに多くの制振構造および耐震補強に適用されている。

また、これらに加え、新たに高減衰ゴムを採用した間柱型粘弾性ダンパーを開発し、市場提供を行っている。この粘弾性ダンパーは、風荷重等の比較的小さい振幅領域から制振効果を発揮するため、前記履歴型制振ダンパーと組み合わせることで合理的な制振効果が期待できるものである。

国土交通省告示第 631 号「エネルギーの釣合に基づく耐震設計法」の施行により、以前よりも制振ダンパーが設計し易くなってきており、今後、「制振ダンパー」は高層建築物のみならず、低層一般建築物や RC 建築物にもその用途が拡大していくものと期待している。

## 3.3 中低層建築分野

### 3.3.1 建築構造用冷間成形角形鋼管

中低層建築物の柱材には建築構造用冷間成形角形鋼管の使用が大半を占めている。JFE では、柱材として要求される溶接性や耐震性能の確保に主眼を置き、特に冷間成形加工の影響を考慮した材料開発とともに部材性能の確証を行い、設計法の提案・整備にも中心的役割を果たしてきた。冷間成形角形鋼管には、製造方法によって冷間ロール成形角形鋼管と冷間プレス成形角形鋼管の 2 種類がある。表 2 にそれぞれの製品一覧（「BCR」「BCP」は社団法人日本鉄鋼連盟の登録商標）を示す。

低層建築物で多く使用される冷間ロール成形角形鋼管では、他社に先駆けて国内最大の板厚 28 mm まで製造範囲を広げ、JBCR295 として商品化し、すでに多くの建築物で採用されている。一方、比較的中層から高層建築物で使用されている冷間プレス成形角形鋼管は、高性能化、高強度化を目指した商品ラインナップ拡充を行ってきており、こちらも順調に採用実績を伸ばしている。

表 2 冷間成形角形鋼管製品一覧

Table 2 List of cold-formed square steel pipe

	Specification	YS (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	YR (%)
Roll formed	BCR295	295	400	90
	JBCR295	295	400	90
	STKR400	235	400	—
	STKR490	325	490	—
Press formed	BCP235	235	400	80
	BCP325	325	490	80
	BCP325T	325	490	80
	G385	385	550	80
	G385T	385	550	80
	G385TF	385	550	80
	G440	440	590	80

### 3.3.2 建築構造用熱間成形角形鋼管

JFEでは、建築構造用熱間成形角形鋼管として「カクホット®」を市場に提供している。カクホットは、シームレス鋼管製造の最終工程であるサイジングミルにおいて、円形断面のシームレス鋼管を熱間のまま角形に成形するものであり、断面径が小さく、角部の形状が冷間成形角形鋼管よりもシャープであることから、意匠性を重視する建築物を中心に採用されている。さらに近年では、小径厚肉の利点を活用して、小規模建築物の柱梁仕口にも多く適用されている。熱間で成形するため冷間成形角形鋼管よりも変形能力が高く、さらに2014年には外径の製造範囲を最大250mmから300mmへ拡大し、適用可能な建築物の規模も広がったことから、今後更に採用が広がっていくことを期待している。

## 3.4 省力化技術

### 3.4.1 鉄骨梁横座屈補剛工法

鉄骨梁横座屈補剛工法は、図9に概要を示すが、現場での部材・部品の取付け作業を削減する工法で、床スラブによる鉄骨梁の横座屈補剛効果を考慮することで、従来補剛部材として必要であった小梁の省略や小梁端部に取り付く方杖の省略が可能となる。特に方杖の取り付けは現場作業としては非常に煩雑なため、現場省力化への貢献は大きいと考えている。

### 3.4.2 鉄骨柱の耐火被覆低減工法

鉄骨工事に付随する耐火被覆工事の技能労働者（耐火被覆職人）不足も、建設現場では懸案事項の一つとなっている。JFEでは鉄骨柱の耐火被覆工事の工数を低減することを目的として、図10に示すような耐火被覆低減工法を開発し、市場へ提供している。本工法は従来の耐火被覆厚さを40%以上低減可能とし、省力化だけでなく、材料・施工コスト削減、居室有効面積の増大による賃貸収入の増加、環境負荷軽減など、お客様メリットの創出に寄与するものであり、今後採用件数の増加が期待される。

### 3.4.3 デッキプレートを用いた合成スラブ工法

鉄骨造建築物の床スラブにはRC造床スラブとデッキプレートを用いた合成スラブが主に用いられる。一方で、RC

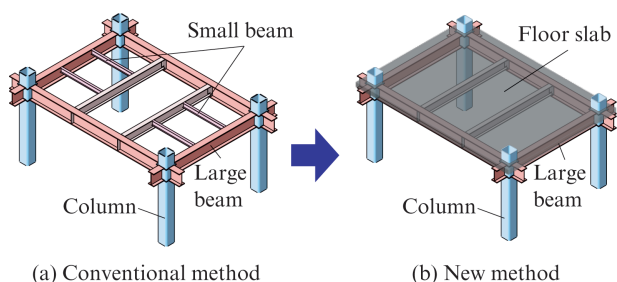


図9 鉄骨梁横座屈補剛工法

Fig. 9 Method of restrain lateral buckling of steel beam

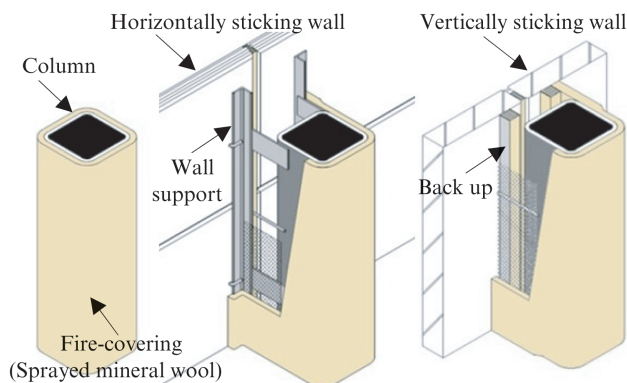


図10 耐火被覆低減工法

Fig. 10 Fire-resistant covering method which reduces thickness of fire-resistant covering (The specification example of sprayed mineral wool)

造建築物ではこれまでRC造床スラブを用いることが多かったが、近年の型枠工不足による現場省力化の観点からデッキプレートを用いた合成スラブが採用されるケースが増え始めている。JFEでは、合成スラブ用デッキプレート「QLデッキ」を市場に提供しており、長く愛用されてきている。さらに、近年の建築物の高層化・大型化の流れを受け、スラブスパンと耐荷重性能を拡大させた新しい耐火認定を取得し、市場へ提供している。

## 4. おわりに

JFEは、建設市場の最新動向やお客様のニーズを見極めながら、土木・建築建材の商品化を通して社会資本整備へ貢献してきた。現在、土木・建築分野は、旺盛な需要を背景に、安全で経済的に優れた製品と高い技術力に基づく技術提案が求められている。また、「大規模災害対策」、「少子高齢化対策」、「既存インフラ更新」などの視点からの社会資本整備が求められている。今後は、安全性と経済性を両立させながらこれらの建設市場ニーズに合致する製品ならびに工法をタイムリーに提供していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 塩崎ほか. 高強度鋼管杭(引張強さ570N/mm<sup>2</sup>級)の港湾構造への適用に向けた検討. 土木学会論文集. 2012, vol. 68, no. 2, I-366-I-371.
- 2) 一財) ベターリビング. コン剛パイル工法(先端地盤:砂質地盤および礫質地盤). 建設技術審査証明報告書. 2017.
- 3) 田中ほか. アーク矢板土留め付きジャケット岸壁の開発. JFE 技報. 2010, no. 25, p. 51-59.
- 4) 一財) 道路保全技術センター. メタルロード工法. 道路保全・建設技術審査証明報告書. 2010.
- 5) 一財) 日本建築総合試験所. J-WALL工法一山留壁の鋼矢板を用いた本設合成地下壁工法一. 建築技術証明報告書. 2008.
- 6) 一財) 国土技術研究センター. J-WALL II工法(合成構造用鋼矢板の本体利用技術). 建設技術審査証明報告書. 2015.
- 7) 佐藤ら. アーバンリング. NKK 技報. 2002, no. 176, p. 91-96.
- 8) 一財) 土研センター. 鋼管杭・鋼管矢板の機械式継手 ハイメカネジ. 建設技術審査証明報告書. 2018.

- 9) 国土交通省. 超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策について. 報道発表資料. 2016.
- 10) 国土交通省. 建築着工統計調査報告. 記者発表資料. 2018.
- 11) 国土交通省. 建設労働需給調査結果. 報道発表資料. 2018.



石澤 毅



村上 琢哉