

# 厚肉ロールコラム JBCR295 と耐火被覆低減工法の開発

## Cold Roll-formed Square Hollow Section Column JBCR295 and Reduction of Fireproof-Covering

梅田 敏弘 UMEDA Toshihiro JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究部  
坂本 義仁 SAKAMOTO Yoshihito JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究 主任研究員 (副部長)  
安田 享平 YASUDA Kyohei JFE スチール 建材センター 建材開発部 建築技術室

### 要旨

冷間ロール成形角形鋼管は中低層建築物の柱材としてよく用いられる商品である。JFE スチールは板厚 28 mm の建築構造用冷間ロール成形角形鋼管 JBCR295 について 2017 年 3 月に国土交通大臣の認定を取得した。また、火災による鋼構造建築物の倒壊を防ぐため必要とされる耐火被覆について、新しい性能評価方法を導入することにより、板厚の厚い角形鋼管に必要な耐火被覆厚さを従来の 40% 以上低減することを可能とした。JFE スチールは新商品と利用技術の両面から研究開発を進めており、本報では板厚 28 mm の建築構造用冷間ロール成形角形鋼管 JBCR295 の構造性能と角形鋼管を対象とした耐火被覆低減工法について紹介する。

### Abstract:

Cold roll-formed square hollow section is one of major components for columns of medium and low storied steel buildings. JFE Steel developed cold roll-formed square hollow section for steel structures, JBCR295, with 28 mm in thickness and obtained certification by the minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. JFE Steel has been developing both new products and new utilization method for thick square hollow sections, and successfully developed reduced fire-covering thickness for this product by over 40 percent. This paper introduces structural performance of JBCR295 and a new fire-covering system with reduced thickness.

### 1. はじめに

近年、国内では 2020 年の東京オリンピックに向けて建設需要が非常に大きくなっており、多くの高層、大規模建築物が建設されている。しかし、高層建築物が増えているものの、国内の建築物の大半を占めるのは依然として中低層建築物である。中低層建築物の柱には、体系的な研究<sup>1)</sup>の末に 1994 年に製品規定が制定された、最大辺長 550 mm、最大板厚 22 mm の建築構造用冷間ロール成形角形鋼管（以下、ロールコラム）BCR295 がよく用いられ、複数のメーカーが BCR295 を製造して、そのシェアを競い合っている状況にある。

ロールコラムは比較的断面が小さいため、規模の小さい建築物にのみ適用されていたのに対し、JFE スチールは 2013 年に板厚 25 mm の厚肉ロールコラム JBCR295<sup>2)</sup> を市場に投入して、より規模の大きい建築物でもロールコラムを適用可能とした。JBCR295 はロールコラムよりも断面サイズが大きい冷間プレス成形角形鋼管の代替需要をとりこみながら順調に販売量を増やし、2018 年 7 月には累計販売量が 30 000 ton に達した。しかし、今後の競争を勝ち抜くために、

更なる差別化が必要と考えられた。このような背景から、JFE スチールは新商品投入と利用技術開発のコラボレーションにより、お客様メリットの創出を図り、中低層建築物市場でのポジションをより強固にする開発を進めている。

本報では、表 1 に示す範囲で 2017 年に国土交通大臣認定を取得した、世界最大板厚である板厚 28 mm の厚肉ロールコラム JBCR295 と、角形鋼管の耐火被覆厚さを従来よりも

表 1 JBCR295 の製造サイズ  
Table 1 Size of JBCR295

		Thickness (mm)									
		6	8	9	12	14	16	19	22	25	28
Width (mm)	200	○	○	○	○						Certification 2017
	250	○	○	○	○	○	○				
	300	○	○	○	○	○	○	○	○		
	350			○	○	○	○	○	○	◇	
	400			○	○	○	○	○	○	◇	
	450			○	○	○	○	○	○	◇	◇
	500				○	○	○	○	○	◇	◇
	550						○	○	○	◇	◇

2018 年 9 月 10 日受付

表 2 JBCR295 の化学成分仕様

Table 2 Specification of chemical compositions (mass%)

Section size	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	N (%)	C <sub>eq</sub> (%)	P <sub>CM</sub> (%)
□ 550×28	0.16	0.03	0.35	0.004	0.001	0.005	0.22	0.18
-	≤0.20	≤0.35	≤1.40	≤0.030	≤0.015	≤0.006*	≤0.36	≤0.26

C<sub>eq</sub>: C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14      P<sub>CM</sub>: C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B

\*Al 等 N を固定化する元素を添加し、フリーな N が 0.006% 以下であれば N は 0.009% まで添加可能

表 3 JBCR295 の機械的性質

Table 3 Specification of mechanical properties of mother plate

Section size	YP (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	YR (%)	El (%)	<i>v</i> E <sub>0</sub> (J)
□ 550×28	339	432	78	32	253
-	295-445	400-550	≤90	≥33* (22<t≤25) ≥14** (25<t≤28)	≥27

YP: Yield point      TS: Tensile strength      YR: Yield ratio      El: Elongation      *v*E<sub>0</sub>: Charpy absorbed energy at 0°C

\*JIS No.5      \*\*JIS No.1A

40%以上低減した耐火被覆低減認定について報告する。

## 2. 厚肉ロールコラム JBCR295 の開発

### 2.1 材料特性

人命を守るために、建築物の構造には地震や火災といった災害時に倒壊しないことが第一に要求され、地震が頻繁に発生する日本では、大地震時に構造部材が塑性化により地震エネルギーを吸収して建築物の倒壊を防ぐことを前提に建築物が設計される。そのため、構造部材には十分な塑性変形性能が要求され、建築用鋼材には化学成分、機械的性質が厳しく規定されている。

表 2、表 3 に板厚 28 mm JBCR295 の化学成分、機械的性質を示す。化学成分については基本 5 元素の他に、フリー N、炭素当量 C<sub>eq</sub>、溶接割れ感受性組成 P<sub>CM</sub> の上限が規定されており、機械的性質については YS と TS の上下限、降伏比 YR の上限、伸びと 0°C のシャルピー吸収エネルギーの下限が規定されている。

フリー N は時効硬化<sup>3)</sup>と相関があり、フリー N が多いほど時効硬化の影響が大きくなる。ロールコラムは成形の際に冷間加工を受けるため、時効硬化の影響が大きいと、硬く、脆くなって塑性変形性能が低くなる恐れがあるため、JBCR295 も BCR295 と同様にフリー N の上限を規定している。C<sub>eq</sub> と P<sub>CM</sub> が高いと低温割れが発生しやすくなるため、溶接性の確保のために上限を規定している。

機械的性質については、降伏比 YR の上限規定と、シャルピー吸収エネルギーの下限規定が特に重要となる。YR は部材の塑性化後の耐力上昇に影響し、YR が低いほど塑性化後の耐力上昇が大きい。一方、地震時の層せん断力により柱部材には柱端に近いほど大きな曲げモーメントが作用する。このとき柱の YR が高いと柱端の塑性化後の耐力上昇が小さ

く柱端から離れた位置のモーメントは低いままになり、柱端のみ塑性化が進行する。つまり柱端にひずみが集中してしまい塑性変形性能が低くなる。また、早期に脆性破断が生じると塑性化によるエネルギー吸収が発揮できないため、破壊靱性の指標となるシャルピー吸収エネルギーも確保する必要がある。JBCR295 は化学成分とコイルの熱延条件の調整により鋼材の組織を微細なフェライト-パーライト組織に制御、さらにはロール成形条件を最適化して造管による YR 上昇を抑制することで、低 YR、高靱性を達成している。

### 2.2 溶接継手特性

鋼構造建築物では多くの部材が溶接、またはボルトによって接合される。柱材に用いられるロールコラムは、柱梁接合部において梁の応力を伝達するためのダイアフラムと溶接接合、または柱と柱の継手においてロールコラム同士で溶接接合されることが一般的である。ダイアフラムとの溶接接合部付近は柱端に位置するため、前述のように地震時に大きな曲げモーメントが作用する。一方で、溶接接合部のボンド (BOND) や熱影響部 (HAZ) は、溶接の熱の影響で元の母材と異なる金属組織に変質するため、元の母材に比べて靱性が低下する恐れがある。BOND、HAZ の靱性が低いと、溶接部で脆性破断が先行し、塑性変形性能を発揮できない。1995 年の兵庫県南部地震では梁端溶接部で十分に塑性変形せずに脆性破断した例が見られている<sup>4)</sup>。よって、ロールコラムにおいても溶接部の靱性を確保することが重要となる。

そこで、よく用いられる炭酸ガスシールドアーク溶接により JBCR295 とダイアフラムの溶接継手を製作し、図 1 に示す位置でシャルピー衝撃試験を実施した。既往の研究<sup>5)</sup>において脆性破断を防ぐために必要な靱性は 70 J と示されたのに対し、JBCR295 では前述の化学成分の調整により、

BOND, HAZ のいずれにおいても表 4 に示すように 0°C で 100 J 以上の優れたシャルピー吸収エネルギーが得られた。

### 2.3 構造性能

地震時に建築物には多数回の揺れが生じ、前述のように柱には柱端の柱梁接合部付近に大きな曲げモーメントが作用する。柱に大変形が生じた場合はダイアフラムとの溶接部付近において、曲げ荷重によってコラムの局部座屈または溶接部からの破断が生じて耐力が低下し、最悪の場合、建築物の自重を支持することができなくなり倒壊につながる。そこで JBCR295 を対象に、地震時の挙動のように繰返しの曲げ変形を生じさせる構造実験を行い、耐力が大きく低下するまでの塑性変形性能を確認した。

辺長 550 mm、板厚 28 mm の JBCR295 を対象に実施した 3 点曲げ実験の結果について報告する。試験体はコラム端部に支点を設け、中央にダイアフラムを想定した鋼板を溶接接合したものである。図 2 に示すように、この試験体の中央部分を鉛直に載荷することで、地震時のようにダイアフラムとの溶接部付近に大きな曲げモーメントを作用させる。載荷はコラムの回転角で制御し、コラムに生じる曲げモーメン

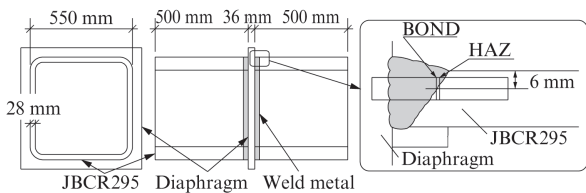


図 1 溶接部のシャルピー衝撃試験位置

Fig. 1 Charpy impact test position at weld joint

表 4 溶接部のシャルピー衝撃試験結果 (0°C)

Table 4 Charpy impact test result at 0°C

Part	Absorbed energy (J)		Brittle fracture rate (%)	
	BOND	HAZ	BOND	HAZ
Plate	164	223	20	0
Corner	183	220	17	0

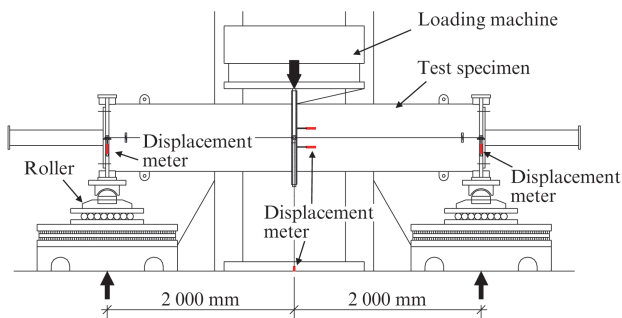


図 2 載荷装置概要

Fig. 2 Setup of 3-point bending test

トが全塑性モーメント  $M_p$  に達した時点のコラムの回転角の弾性成分  $\theta_p$  を基準に、各振幅を 2 回ずつ繰返しながら振幅を  $\theta_p$  の 2, 4, 6 倍と 2 の倍数ずつに大きくしていき、破断もしくは局部座屈により耐力が最大耐力の 90% に低下するまで載荷を行った。

図 3 に試験体の曲げモーメント一回転角関係を示す。一般的に、板厚が厚くなる時裂先端の塑性拘束が大きくなり脆性破断が生じやすくなる<sup>6)</sup>が、JBCR295 は母材も溶接部も高い靱性を有しているため、脆性破断することなく曲げモーメント一回転角関係も終局の直前まで安定した履歴を示した。図 4 に破断により耐力が 90% に低下した時点までの累積塑性変形倍率と基準化幅厚比の関係を示す。累積塑性変形倍率は試験体の回転角の塑性変形成分の累積値を基準回転角  $\theta_p$  で除した値で、塑性変形性能の評価指標の一つである。柱の塑性変形性能は幅厚比と相関があり、既往の

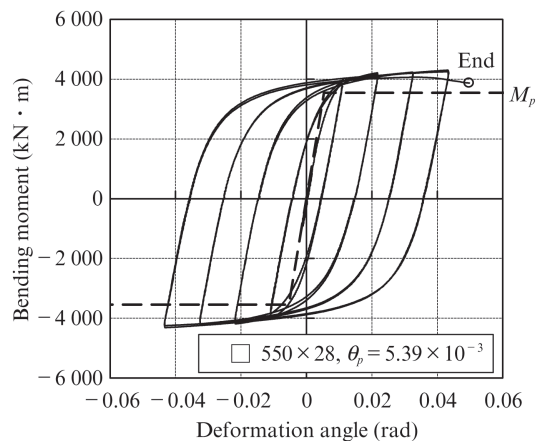


図 3 曲げモーメント一回転角関係

Fig. 3 Relationship between moment and deformation angle

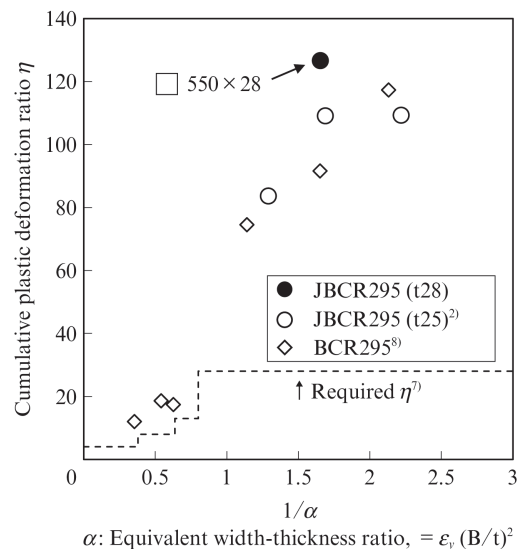


図 4 累積塑性変形倍率  $\eta$  と基準化幅厚比の関係

Fig. 4 Relationship between cumulative plastic deformation factor and generalized width-thickness ratio

研究<sup>7)</sup>においては幅厚比の小さい柱の必要累積塑性変形倍率は28と示されている。それに対し、板厚28mmのJBCR295はBCR295と同等以上で、かつ累積塑性変形倍率100以上の優れた塑性変形性能を発揮した。

### 3. 耐火被覆低減工法

建築構造用冷間ロール成形角形鋼管 BCR295・JBCR295(以下、JFE コラム BCR) の利用技術開発の一環として、耐火被覆厚さを低減した柱耐火構造認定の取得をすすめ、吹付けロックウール、繊維混入けい酸カルシウム板について、コンクリートパネルとの合成被覆耐火構造も含め、被覆厚さを40%以上低減した国土交通大臣認定を取得した。以下に、その検討と認定内容について概要を述べる。

#### 3.1 開発の背景

鋼材商品の普及のためには、材料開発では機械的性質、加工性、溶接性など素材面での魅力を高めるだけでなく、建材としての利用技術面の開発も重要である。鉄骨造は、火災時に高温にさらされると機械的性質が劣化するため、その構造耐力を担保するために耐火被覆が必要となる。吹付けロックウールに代表される耐火被覆工事は最も合理化が求められているものの1つであり、コスト、柱断面積増大(有効床面積減少)、吹付け施工によるロス(産業廃棄物処理は被覆厚さに概ね比例して増大)などの課題があげられている。耐火被覆工事を完全になくせないまでも、耐火被覆の低減は設計上、施工上のデメリットはなく、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、環境負荷軽減など一定の効果が認められ、お客様メリットの創出に寄与する。以上から、利用技術開発として耐火構造に着目し、耐火被覆低減の検討をすすめた。

#### 3.2 耐火被覆低減の可能性

旧耐火指定時の鉄骨柱の耐火被覆仕様は、H-300×300×

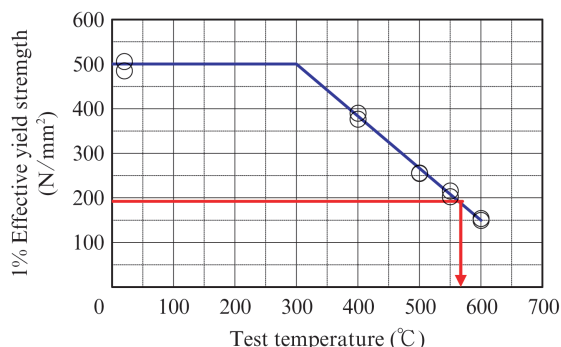


図5 高温引張試験による崩壊温度予測

Fig. 5 Prediction of collapse temperature from high temperature tensile test

10×15を標準試験体としてなされた加熱試験に基づいている。合否判定基準は鋼材温度であり、要求耐火時間の加熱において、最高450℃以下、平均350℃以下であることを確認した仕様規定である。被覆厚さは、最も一般的な吹付けロックウールでは、鋼材の断面寸法によらず、要求耐火時間1時間で25mm、2時間で45mm、3時間で65mmになっている。

一方で、鋼材温度は加熱周長比( $H_p/A$ : 外周長 $H_p$ と断面積 $A$ の比)と耐火被覆材の熱抵抗の関数として表すことができ<sup>9)</sup>、これらを適切に評価すれば、標準試験体よりも加熱周長比の小さいものは、理論上耐火被覆の低減が可能である。

また、2006年の法改正によって、耐火性能試験に性能規定が導入され、鋼材温度によらず荷重加熱試験による変形性状(最大軸方向収縮量(mm)  $\leq h/100$  かつ最大軸方向収縮速度(mm/分)  $\leq 3h/1000$ :  $h$  試験体初期高さ)で合否判定が可能になった<sup>10)</sup>。すなわち、従来の鋼材温度規定値によらず、変形性状を考慮した鋼材温度を検討することにより、より耐火被覆の低減が可能となる。

#### 3.3 耐火被覆低減の検討概要

耐火被覆の低減は、大幅な被覆低減と適用範囲の拡大の両立をめざし、最適な鋼材断面寸法を選定しながら、1時間耐火の被覆厚さで2時間耐火の実現(被覆低減率40%以上)を目標とした。

仕様検討に際し、鋼材断面寸法は、標準試験体断面よりも加熱周長比の小さいJFEコラムBCRから、2時間耐火での使用実績を踏まえて□-250×250×16を最小断面に選定した。

耐火被覆材は、最も一般的な吹付けロックウールから検討した。耐火被覆厚さは、既往の認定仕様の加熱周長比と耐火被覆厚さの比率から□-250×250×16での換算被覆厚さを暫定値として求めると、2時間耐火構造での換算被覆厚さは27mmとなるが、さらに被覆厚さの低減が可能か検討を進めるために、JFEコラムBCRの崩壊温度を高温引張試験

表5 荷重加熱試験結果

Table 5 Result of fire resistance test under load

	Continuous heating			2-hour heating		
	Time (min)	Avg (°C)	Max (°C)	Time (min)	Avg (°C)	Max (°C)
Steel Temperature (°C)	60	189	216	60	180	193
	120	463	489	120	464	494
	146	574	605	140	487	515
Maximum axial deformation (mm)	147	※39.34 (collapsed)		300	0.10	
Maximum axial deformation speed (mm/min)	146	※11.30 (collapsed)		126	0.24	

により予測したうえで、□-250×250×16 を用い、既往の1時間耐火仕様の被覆厚さで荷重加熱試験を実施した<sup>11)</sup>。高温引張試験による崩壊温度予測結果を図5に、荷重加熱試験結果を表5に示す。

高温引張試験による予想崩壊温度は、必要耐力と1%ひずみ時有効耐力の関係から570℃程度とした。荷重加熱試験での崩壊検証では、1時間耐火の被覆厚さでも耐火時間(崩壊判定時間)146分、崩壊判定時の鋼材温度は平均574℃、最高605℃の結果が得られ、事前の予測とよく一致している。

さらに、2時間荷重加熱試験で、鋼材温度のばらつき、加熱終了後の挙動などを確認し、加熱終了時の目標鋼材温度を設定した。これを基に、非定常伝熱シミュレーションにより鋼材温度を試算し、要求耐火時間ごとの断面寸法と耐火被覆厚さを決定した。その際には、上記荷重加熱試験結果から耐火被覆材の熱伝導率、比熱を独自に補正し、鋼材温度予測精度を向上させた。

繊維混入けい酸カルシウム板では、直張と浮かし張の比較試験とシミュレーションにより、鋼管柱断面寸法と浮かし寸法の間隔を調査し<sup>12)</sup>、浮かし寸法の最大値を設定した。

### 3.4 耐火被覆低減認定

耐火被覆低減認定は、JFE コラム BCR を対象に、2015年度から、最も一般的な吹付ロックウールの被覆厚さ低減認定取得に着手し、吹付ロックウール仕様では、1時間耐火で被覆厚15mm(40%低減)、2時間耐火で被覆厚25mm(44%低減)とした柱耐火構造のほか、2016年には、コンクリート外壁(軽量気泡コンクリート(ALC)、プレキャストコンクリート(PC)、鉄筋コンクリート(RC))パネルを耐火被覆の一部として活用する合成被覆耐火構造についても認定を取得した。吹付ロックウール仕様例を図6に示す。

次いで、2016年度からホテルや倉庫などで採用が増加傾向にある繊維混入けい酸カルシウム板について、日本イン

シミュレーション(株)殿の協力を得て耐火被覆厚さの低減認定取得に取り組み、2017年5月に、ニュータイカライトの1時間耐火の推奨被覆厚さである20mmで、柱単体構造と合成被覆耐火構造の2時間耐火認定の取得を完了した。なお、事前の検討では、1時間耐火も耐火被覆厚さの低減余地はあると考えられたが、施工性や供用時の耐久性の観点から、これ以上の被覆厚さの低減は困難と判断し、1時間耐火の被覆低減認定の取得は見送っている。繊維混入けい酸カルシウム板仕様例として、浮かし張仕様の例を図7に示す。

さらに、前述の2017年3月のJBCR295の板厚28mmの材料認定取得を受けて、2018年1月にその認定番号を追加するとともに、他のJFEグループの認定鋼材にも適用鋼種を拡大している。鋼種の拡大に際しては、これら鋼材の高温性能を明らかにするとともに、製造範囲と実際の使用実績を考慮し、さらに優劣判断を明確にするために、先に取得した認定の断面寸法の最小断面寸法以上かつ最小板厚以上となる断面寸法を適用範囲とした。認定番号一覧を表6、適用鋼種を表7に示し、以下に、認定仕様の概要について述べる。

#### 3.4.1 吹付ロックウール仕様

吹付ロックウールの設定仕様は、通常の半乾式吹付ロックウール、密度0.28g/cm<sup>3</sup>以上である。1時間耐火の被覆厚は15mm以上、2時間耐火はこれまでの1時間耐火と同じ被覆厚の25mm以上である。合成耐火構造は、外壁横張と縦張は別認定である。

#### 3.4.2 合成耐火構造(横張)

外壁材は、ALCパネルのほか、プレキャストコンクリートパネル、鉄筋コンクリート造を包含する。壁厚は75mm以上である。壁下地は、定規アングルL-50×50×6以上で、下地の取付構造は図6以外に複数のバリエーションが認められており、ALCの標準仕様を包含しているが、壁と柱の離隔距離は100mm以下である。壁と耐火被覆との取り合

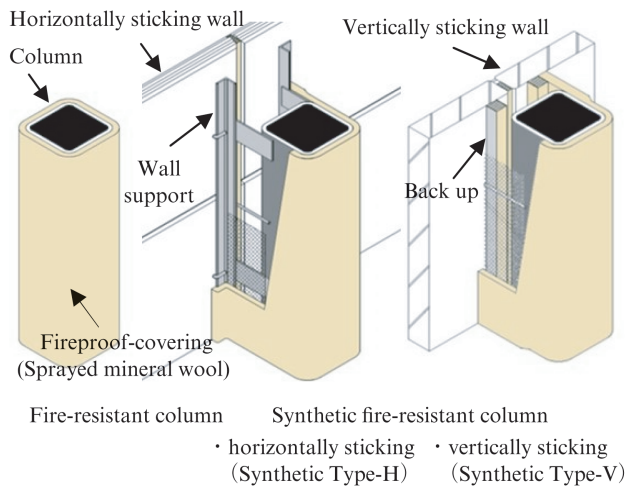


図6 吹付ロックウール仕様例

Fig. 6 The specification example of sprayed mineral wool

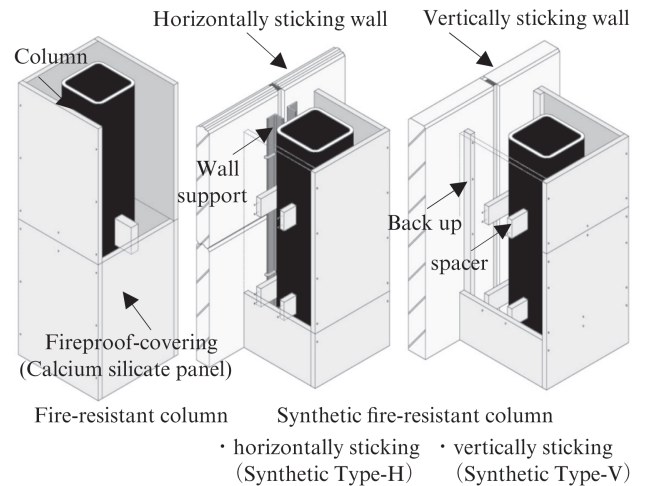


図7 繊維混入けい酸カルシウム板仕様例(浮かし張)

Fig. 7 The specification example of calcium silicate plate

表6 認定番号一覧

Table 6 Certification number of fire proof structure

Covering material	Type	Certification number	
		R60	R120
Sprayed mineral wool	Fire-resistant column	FP060CN-0582-1	FP120CN-0586-1
	Synthetic Type-H	FP060CN-0612-1	FP120CN-0611-1
	Synthetic Type-V	FP060CN-0649-1	FP120CN-0650-1
Calcium silicate plate	Fire-resistant column	-	FP120CN-0668-1
	Synthetic Type-H	-	FP120CN-0673-1
	Synthetic Type-V	-	FP120CN-0688-1

表7 適用範囲

Table 7 Scope of application

Specification	Steel type
JFE Column-BCR R 60 □-200×200×12~□-550×550×28 R120 □-250×250×16~□-550×550×28	BCR295 JBCR295
JFE Kaku-hot <sup>TM</sup> R 60 □-200×200×13~□-250×250×33 □-300×300×19~25 R120 □-250×250×19~□-250×250×33 □-300×300×19~25	BSH325
Welding tetrahedral box column (High strength steel plate) R 60 □-350×350×16~ R120 □-350×350×19~	HBL <sup>TM</sup> 325 HBL <sup>TM</sup> 355 HBL <sup>TM</sup> 385 HBL <sup>TM</sup> 440/ SA440
JFE Column-BCP R 60 □-350×350×16~ R120 □-350×350×19~	BCP235 BCP325/ BCP325T G385/G385T G440/ PBCP440

い部については、裏打材を配置しなくてもよい仕様になっている。

### 3.4.3 合成耐火構造（縦張）

外壁材の種類および壁と柱の距離は横張と同じだが、壁厚は100 mm以上となっており、壁材と耐火被覆との取り合い部には裏打材が必要となる。裏打材の材料は、ロックウール保温板、アルキアースシリケートブランケット（生体溶解性セラミックウール・AES）、セラミックウールが選択できるが、1時間耐火と2時間耐火では若干仕様が異なる。

1時間耐火の裏打材は、厚さ50 mm×幅50 mm以上の寸法が必要となる。ここで、厚さとは耐火被覆の厚さ方向の寸法で、幅とは壁と柱の離隔方向の寸法を示す。裏打材にかえて、後述する吹付ロックウール充てん処理としてもよい。

2時間耐火の裏打材は、壁と柱の離隔距離が50 mm以上の場合、厚さ50 mm以上の寸法として離隔距離の全長に配置する必要がある。壁と耐火被覆の剥離防止と裏打材表面の耐熱性向上のために、吹付ロックウール施工前に裏打材

表面にセメントスラリー先吹きを施工要領書に明記している。

壁と柱の離隔距離が50 mm未満の場合、裏打材の施工にかえて吹付ロックウールを充てんする。吹付けロックウールの密度は $0.2 \pm 0.03 \text{ g/cm}^3$ 以上だが、この密度は、耐火被覆に使用する吹付ロックウールを吹き付けたままの状態で行われることを確認しており、圧密施工の必要はない。充てん処理とする場合、耐火被覆下地（ラス、力骨）は不要である。

### 3.4.4 繊維混入けい酸カルシウム板仕様

繊維混入けい酸カルシウム板は、日本インシュレーション（株）のJタイカを用いており、認定は2時間耐火のみである。被覆厚は、ニュータイカライトの1時間耐火の推奨板厚である20 mmである。張方は、直張および浮かし張で、浮かし寸法は最大100 mmである。直張にした場合、鋼管柱に対する接着剤の使用量は認定上「なし」も含まれているため、規定を設けていない。目地仕様は、芋目地、千鳥目地いずれも可能で、被覆材同士を固定する釘の留付間隔は、縁あき40 mmとして、芋目地では230 mm以下、千鳥目地では210 mm以下としている。

### 3.4.5 合成耐火構造（横張）

外壁仕様は吹付けロックウール仕様と同じだが、壁と柱の離隔距離は150 mm以下である。壁と耐火被覆との取り合い部は、定規アングルに被覆材を留付ける場合を除き、裏打材として厚さ25 mm以上×幅35 mm以上の繊維混入けい酸カルシウム板をけい酸ナトリウム系接着剤と釘を併用して壁に取り付ける。

### 3.4.6 合成耐火構造（縦張）

外壁仕様は、吹付けロックウールと同じだが、壁と柱の離隔距離は150 mmである。壁材と耐火被覆との取り合い部には、厚さ25 mm以上、幅75 mm以上となるように、繊維混入けい酸カルシウム板を積層した裏打材が必要となる。

## 4. おわりに

世界最大板厚である板厚28 mmの建築構造用冷間ロール成形角形鋼管JBCR295の構造性能について紹介するとともに

に、耐火被覆低減認定について、その検討方法と認定の概要を示した。今後とも JFE グループの建材商品拡販のため、新商品開発と利用技術開発により、お客様メリットの創出に努めていきたい。

参考文献

- 1) 建設省建築研究所. (社)鋼材倶楽部. 角形鋼管設計研究会研究報告書. 1993, 251p.
- 2) 石井ほか. “板厚 25 mm 建築構造用厚肉冷間ロール成形角形鋼管 その 1, 2”. 日本建築学会大会学術講演梗概集. 2013, p. 1195-1198.
- 3) たとえば, Cottrell, A. H. etc. “Dislocation Theory of Yielding and Strain Ageing of Iron”. Proceedings of the Physical Society Section A Volume 62. 1949, p. 49-62.
- 4) 日本建築学会近畿支部鉄骨構造部会. 1995 年兵庫県南部地震 鉄骨造建物被害調査報告書. 1995, 167p.
- 5) 日本建築センター. 鉄鋼梁端溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン・同解説. 2003, 179p.
- 6) たとえば, 永井ほか. “大規模降伏脆性破壊強度に及ぼす板厚の影響について”. 日本造船学会論文集 146 号. 1979, p. 497-505.
- 7) 日本建築学会. 建築耐震設計における保有耐力と変形性能 (1990). 1990, 713p.

- 8) 遠藤ほか. “斜め入力を受けた場合の建築構造用冷間成形角形鋼管の力学性状に関する研究 その 1, 2”. 日本建築学会大会学術講演梗概集. 1998, p. 687-690.
- 9) 日本建築学会. 鋼構造耐火構造設計指針. 第 3 版. 2017, 300p.
- 10) (一財) 日本建築総合試験所. 防耐火性能評価・試験業務方法書.
- 11) 坂本ほか. “建築構造用冷間ロール成形角形鋼管柱部材の耐火性能”. 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州). 2016, p. 175-176.
- 12) 坂本ほか. “繊維混入けい酸カルシウム板被覆/大断面鉄骨柱の耐火性能”. 日本建築学会大会学術講演梗概集 (中国). 2017, p. 145-146.

※「BCR」「BCP」は社団法人日本鉄鋼連盟の登録商標です。



梅田 敏弘



坂本 義仁



安田 享平