

耐震安全性と経済性を両立させる 建築構造用 550 N/mm² 級鋼材「HBL[®]385 シリーズ」

“HBL[®]385 Series,” 550 N/mm² Class Steel for Building Structure Which Achieves a Good Balance between Excellent Earthquake Resistance and Economic Efficiency

中川 佳 NAKAGAWA Kei JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究部 主任研究員 (副課長)
植木 卓也 UEKI Takuya JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究部 主任研究員 (副課長)
難波 隆行 NANBA Takayuki JFE スチール スチール研究所 土木・建築研究部 主任研究員 (課長)

要旨

JFE スチールは、2002 年、業界で初めて建築構造用 550 N/mm² TMCP 厚板 HBL[®]385 を商品化して以来、円形鋼管、冷間プレス成形角形鋼管などの 550 N/mm² 級建築構造材をいずれも業界の先陣を切って商品化してきた。同時に、これら HBL[®]385 シリーズの設計施工に関わる利用技術についても開発してきた。本論文では、高強度鋼でありながら建築構造用鋼材に要求される低い降伏比、高い靱性を有し、優れた溶接性をも兼ね備えることで経済的な利点が得られるという HBL[®]385 シリーズの概要を紹介し、構造性能および耐火性能に関して既往鋼種と同様に設計できることを報告する。

Abstract:

Since the initial approval for “HBL[®]385,” 550 N/mm² class steel plate for building structure by the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism in 2002, JFE Steel has developed 550 N/mm² class building materials and products, such as circular steel tube and cold-press-formed square steel tube, as a pioneer in the industry. This paper explains the outline of “HBL[®]385 series” including its excellent mechanical properties as a building material and economic advantage, and provides some findings about its structural design and fire-resistant design.

1. はじめに

HBL[®]385 シリーズ¹⁻⁴⁾ は、JFE スチールのナンバーワン先端技術であるオンライン加速冷却装置 *Super-OLAC*[®] を駆使して、引張強さ 550 N/mm² 以上 (降伏耐力 385 N/mm² 以上) の高強度鋼でありながら低い降伏比、高い靱性を実現しており、適切な設計・施工により高い耐震安全性を確保することができる。さらに、溶接性に配慮した成分設計により、溶接施工での予熱管理を 490 N/mm² 級鋼と同じレベルで行なうことができる。このように、高強度化による鉄骨重量の削減、良好な溶接性による施工管理の軽減や溶接時間の短縮により高い経済性が得られるため、HBL[®]385 シリーズは建築構造用鋼材のなかで鋼材強度あたりの経済性が最も優れている (当社比)。このような利点が高く評価され、HBL[®]385 は超高層建築物を中心に広く普及し (2012 年 7 月、累計 9 万 5 千トン達成)、2010 年には第 42 回市村産業賞貢献賞を受賞している。

また、JFE スチールは、近年、重要性が高まっている CFT 構造 (コンクリート充填鋼管構造) や SRC 構造 (鉄筋コンクリート構造) といった合成構造としての構造性能評価⁵⁻⁹⁾、耐火性能の評価¹⁰⁾ など HBL[®]385 シリーズの設計施工に関わる利用技術についても開発してきた。

本論文では、HBL[®]385 シリーズの概要と構造性能、耐火性能について概説する。

2. HBL[®]385 シリーズの概要

表 1 に HBL[®]385 シリーズの化学成分の規格、表 2 に機械的性質の規格を示す。

前述したように、HBL[®]385 シリーズは引張強さ 550 N/mm² 以上の高強度鋼でありながら、炭素等量 C_{eq} および溶接割れ感受性組成 P_{CM} を 490 N/mm² 級鋼 SN490 と同等もしくはそれより低く規定しており、優れた溶接性を有している。また、円形鋼管 (P385) や冷間プレス成形角形鋼管 (G385, G385T) では、MAG 溶接 (metal active gas welding) 熱影響部靱性指標 f_{HAZ} ¹¹⁾ を規定することで溶接熱

表 1 HBL[®]385 シリーズの化学成分
Table 1 Chemical compositions of HBL[®]385 Series

Products	Designation	Thickness (mm)	Chemical compositions								
			C	Si	Mn	P	S	N*	C _{eq}	P _{CM}	f _{HAZ}
Plates	HBL385B-L	12 ≤ t ≤ 19	≤ 0.20	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.030	≤ 0.015	—	≤ 0.44	≤ 0.29	—
	HBL385B	19 ≤ t ≤ 50							≤ 0.40	≤ 0.26	
		50 < t ≤ 100							≤ 0.42	≤ 0.27	
	HBL385C	19 ≤ t ≤ 50							≤ 0.40	≤ 0.26	
50 < t ≤ 100		≤ 0.42	≤ 0.27								
Circular tubes	P-385B	19 ≤ t ≤ 50	≤ 0.20	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.030	≤ 0.015	≤ 0.006	≤ 0.40	≤ 0.26	≤ 0.58
		50 < t ≤ 100							≤ 0.42	≤ 0.27	
	P-385C	19 ≤ t ≤ 50							≤ 0.40	≤ 0.26	
		50 < t ≤ 100							≤ 0.42	≤ 0.27	
Square tubes	G385B	19 ≤ t ≤ 50	≤ 0.20	≤ 0.55	≤ 1.60	≤ 0.030	≤ 0.015	≤ 0.006	≤ 0.40	≤ 0.26	≤ 0.58
	G385C					≤ 0.020	≤ 0.008		≤ 0.40	≤ 0.26	
	G385T					≤ 0.020	≤ 0.005		≤ 0.40	≤ 0.26	
	G385T-Z25					≤ 0.020	≤ 0.005		≤ 0.40	≤ 0.26	

N*: Total nitrogen Carbon equivalent: C_{eq} = C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

Weld crack sensitivity composition: P_{CM} = C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B

Heat affected zone (HAZ) toughness estimation parameter for metal active gas welding (MAG welding): f_{HAZ} = C+Mn/8+6(P+S)+12N-4Ti (If the chemical composition of Ti ≤ 0.005%, it is regarded as zero.)

表 2 HBL[®]385 シリーズの機械的性質
Table 2 Mechanical properties of HBL[®]385 series

Products	Designation	YS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	Typical specimen	Thickness (mm)	El (%)	YR (%)	√E _{0C} (J)	RA (%)
Plates	HBL385B-L	385-505	550-670	JIS 1A	t < 38	≥ 15	≤ 80	≥ 70	—
	HBL385B			JIS 5	t ≤ 50	≥ 26			
	HBL385C			JIS 4	40 < t	≥ 20			
Circular tubes	P-385B	385-535 (19 ≤ t)	550-700	JIS 12A	19 ≤ t ≤ 40	≥ 19	≤ 85	≥ 70	—
	P-385C			JIS 12B JIS 4	40 < t ≤ 100	≥ 21			≥ 25 ^{*1} (15 ^{*2})
Square tubes	G385B	385-505	550-670	JIS 1A	19 ≤ t ≤ 32	≥ 15	≤ 80	≥ 70 ^{*3}	—
	G385C			JIS 4	32 < t ≤ 50	≥ 20			≥ 25 ^{*1} (15 ^{*2})
	G385T			JIS 1A	19 ≤ t ≤ 32	≥ 15			—
	G385T-Z25			JIS 4	32 < t ≤ 50	≥ 20			≥ 70 ^{*4}

YS: Yield strength TS: Tensile strength El: Elongation YR: Yield ratio √E_{0C}: Charpy absorbed energy at 0°C

RA: Reduction of area in through thickness tensile test ^{*1}Average ^{*2}Each ^{*3}Flat part ^{*4}Flat part and corner part

影響部 (以下, HAZ) の靱性確保にも配慮している。同時に、これらの鋼管ではトータル窒素 N* を 0.006% 以下と規定することで母材の冷間加工によるひずみ時効硬化の防止にも配慮している。また、耐震安全性確保の観点から、厚板 HBL[®]385 は低い降伏比 (80% 以下) と高いシャルピー吸収エネルギー (0°C で 70 J 以上) を両立させており、その他の HBL[®]385 シリーズも厚板に準じた機械的性質を有している。

厚板、円形鋼管、冷間プレス成形角形鋼管のそれぞれについて、主要構造部材又は溶接する部材への適用を想定した B 種、さらに厚さ方向特性も要求される部材への適用を想定した C 種を用意している。なお、G385T については C 種相当を G385T-Z25 と称している。C 種および G385T-Z25

は厚さ方向特性試験での絞り規定を付加している。

さらに、厚板では、主に溶接四面ボックス向けに、大入熱溶接に対応した仕様として HBL[®]385-E を用意している²⁾。

550 N/mm² 級冷間プレス成形角形鋼管 G385, 550 N/mm² 級高性能冷間プレス成形角形鋼管 G385T の特長は 3.2 節に構造性能とあわせて解説する。

3. 構造性能

3.1 局部座屈に対する構造性能

平成 19 年に改正された、昭和 55 年建設省告示第 1791 号第 2, 同第 1792 号第 1 及び第 3 では、基準強度 205~

375 N/mm² の炭素鋼を対象として幅厚比ランクが規定されており¹²⁾、基準強度が 385 N/mm² となる HBL[®]385 シリーズは扱いが明確ではなかった。そこで、HBL[®]385 シリーズの幅厚比ランクの設定を検討するために、(1) 溶接組立箱形断面、(2) 溶接組立 H 形断面、(3) 円形鋼管、(4) 冷間プレス成形角形鋼管の各断面で、幅厚比をパラメータに短柱圧縮実験を実施し局部座屈に対する構造性能を評価した。

図 1 に実験概要を示す。文献¹³⁾に従い、断面に均等に荷重がかかるように鉛直下方に単調載荷した。

表 3 (a)~(d) に各試験体の断面寸法と計算による降伏荷重を示す。試験体の高さ h は (1), (3), (4) の断面では径 D の 3 倍、(2) の断面では幅 B の 2.5 倍で計画した。

試験体の降伏荷重 N_y は、実測値で計算した断面積 A に試験体に用いた鋼材の引張試験の降伏耐力 σ_y を乗じて算出している。

図 2 (a)~(d) に実験で得た塑性変形倍率 R を他鋼種の結果¹⁴⁻¹⁹⁾と重ねて示す。ここで、塑性変形倍率 R は塑性率 μ から 1 を引いたものとしており、次式で定義される。

$$R = \mu - 1, \quad \mu = \varepsilon_{\max} / \varepsilon_y$$

ε_{\max} : 実験最大耐力時の圧縮ひずみ (試験体の縮み/初期高さ)

ε_y : 降伏ひずみ ($=\sigma_y/E$)

σ_y : 試験体鋼材の引張試験による降伏耐力 (N/mm²)

E : ヤング係数 ($=205\,000$ N/mm²)

図 2 では、幅厚比 D/t に $\sqrt{\sigma_y/E}$ を乗じた一般化幅厚比(円

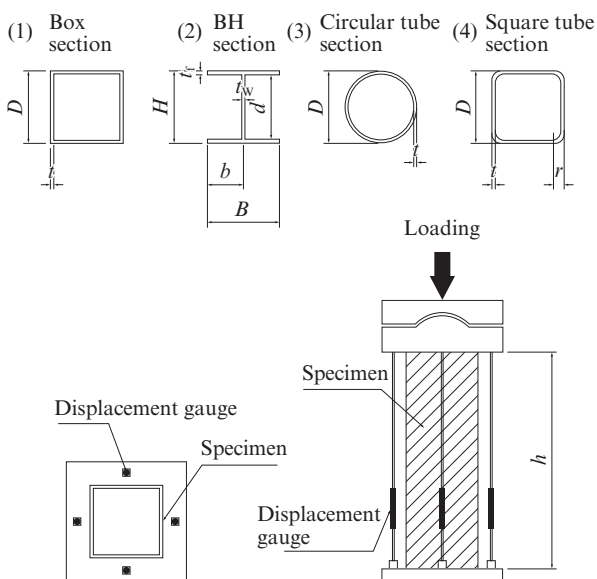


図 1 短柱圧縮実験概要

Fig. 1 Overview of stub-column test

形断面は径厚比 D/t に σ_y/E を乗じた一般化径厚比) で整理することで強度クラスの異なる試験体を比較している。いずれの断面においても HBL[®]385 シリーズは既往の 400 N/mm²~590 N/mm² 級鋼と同等の塑性変形倍率を有しており、かつ、前述の告示を準用した幅厚比ランクに対して塑性変形倍率の目標値を達成している。ここで、塑性変形倍率の目標値は「鋼構造限界状態設計指針²⁰⁾」で幅厚比ランクごとに設定されている値「FA (P-I) で 4, FB (P-I-2) で 2, FC (P-II) で 0」を採用している。

以上の短柱圧縮実験の結果に加え、溶接組立箱形断面、溶接組立 H 形断面のはりの曲げ実験からも、耐座屈性能に関して、HBL[®]385 は SN490 などと同等の構造性能を有することを確認し、幅厚比の設定については前述の告示を準用

表 3 断面寸法と計算による降伏荷重

Table 3 Section size and calculated yield load

(a) Stub-column of box section

	D (mm)	t (mm)	D/t	h (mm)	A (mm ²)	N_y (kN)
BOX-FAB	308.6	11.7	26.4	929	13 900	5 640
BOX-FBC	346.3	12.0	28.9	1 041	16 100	6 520
BOX-FCD	374.9	10.0	37.5	1 126	14 600	5 850

(b) Stub-column of BH section

	H (mm)	B (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)	b/t_f	d/t_w	h (mm)	A (mm ²)	N_y (kN)
BH-FA	464.2	281.7	19.3	19.2	7.3	22.1	692	19 000	8 660
BH-FAB	444.1	282.1	11.9	19.3	7.3	34.1	692	15 700	6 910
BH-FBC	436.7	327.1	19.2	19.3	8.5	20.7	801	20 300	9 220

(c) Stub-column of circular tube section

	D (mm)	t (mm)	D/t	h (mm)	A (mm ²)	N_y (kN)
P-FC	599.4	11.7	51.5	1 800	21 500	8 370
P-FBC	629.4	15.6	40.3	1 890	30 100	11 600
P-FAB	599.1	18.7	32.1	1 800	34 000	13 100
P-FA12	268.5	11.6	23.2	810	9 350	4 050
P-FA19	426.9	18.6	22.9	1 284	23 900	9 630

(d) Stub-column of square tube section

	D (mm)	t (mm)	D/t	r (mm)	h (mm)	A (mm ²)	N_y (kN)
G-FA-1	349.7	19.3	18.1	68.8	1 050	23 600	10 300
G-FA-2	350.5	19.2	18.3	70.0	1 050	23 500	10 100
G-FAB-1	449.8	19.3	23.4	68.7	1 351	31 200	13 800

D : Width of cross-section

H : Height of BH section

t_w : Web thickness of BH section

h : Height of stub-column

r : Outer diameter of corner of square tube section

A : Cross-sectional area

t : Thickness of cross-section

B : Width of BH section

t_f : Flange thickness of BH section

$b=B/2$ $d=H-2t_f$

N_y : Calculated yield load

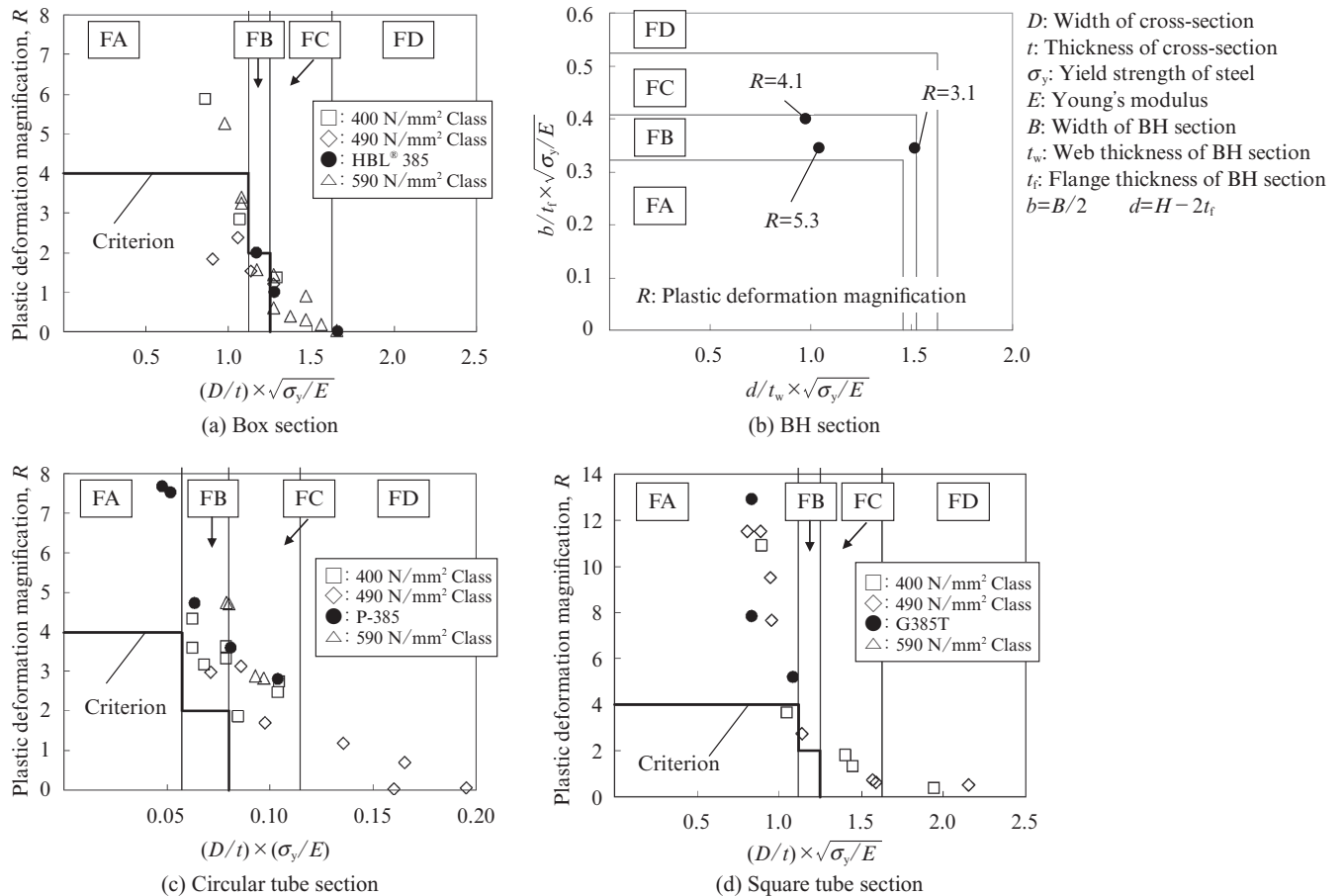


図2 短柱圧縮実験結果 (塑性変形倍率)

Fig. 2 Results of stub-column test (Plastic deformation magnification)

してよいことを明確にした。また、H形断面のほりで横座屈を防止するための補剛間隔についても、横座屈実験を実施²¹⁾した上、各種指針、規・基準の考え方に基づく設計式を構築した。

これらの知見を整理して、JFE スチールは、一般財団法人日本建築センターより HBL[®]385 シリーズの設計規定に関する評定を取得した (BCJ 評定-ST0179-03)。

3.2 高性能冷間プレス成形角形鋼管 G385T の構造性能

2004 年、JFE スチールと株式会社セイケイは共同開発により建築構造用 550 N/mm² 級冷間プレス成形角形鋼管 G385 を商品化し、2012 年には建築構造用高性能 550 N/mm² 級冷間プレス成形角形鋼管 G385T を商品化した。

表 1, 2 に示したとおり、G385T は断面の平板部だけでなく角部においても靱性 70 J 以上を規定しており、化学成分については、G385 よりも母材靱性を低下させる P, S を低く制限し、かつ、MAG 溶接熱影響部靱性指標 f_{HAZ} を低く制限することで、より厳しく溶接熱影響部の靱性確保に配慮している。

図 3 に G385T の曲げ実験概要を示す。G385T 鋼管の中央載荷部に 2 枚の通しダイアフラムを溶接した試験体で、両端をピン支持して正負交番漸増載荷する 3 点曲げ実験を行った。

表 4 に試験体一覧を示す。鋼管断面の幅厚比 D/t 、載荷方向 (0°, 45°) をパラメータとした。T2, T3, T6 試験体

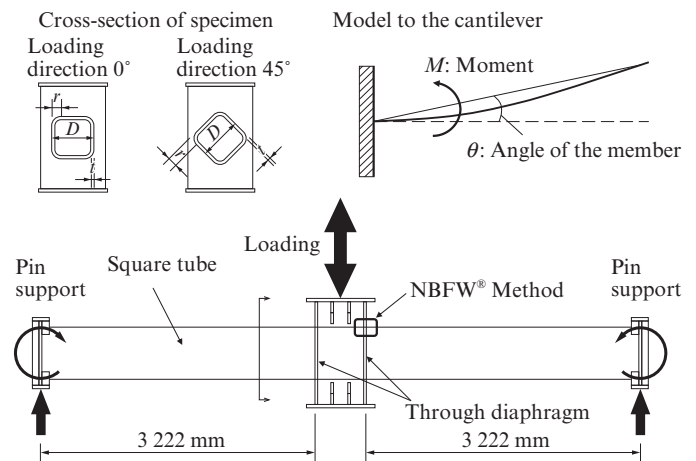


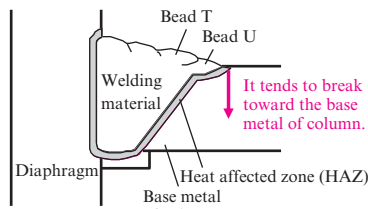
図3 G385T の曲げ実験概要

Fig. 3 Overview of G385T bending test

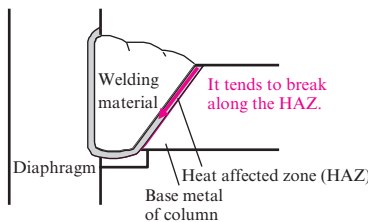
表 4 G385T 曲げ試験体
Table 4 Bending specimens of G385T

	D (mm)	t (mm)	D/t	r (mm)	LD (°)	M _p (kN・m)	θ _p (rad)
T1	450	19	23.7	66.5	45	1 993	0.011 4
T2	500	32	15.6	112	45	3 786	0.010 6
T3	500	32	15.6	112	45	3 729	0.010 5
T4	400	32	12.5	112	45	2 288	0.013 8
T5	500	32	15.6	112	0	4 194	0.011 8
T6	500	32	15.6	112	45	4 045	0.011 4
T7	600	32	18.8	112	45	6 115	0.009 3

D: Width of cross-section t: Thickness of cross-section
r: Outer diameter of corner of square tube section
LD: Loading direction M_p: Calculated full plastic moment
θ_p: Calculated rotation angle at M_p



(a) NBFW[®] Method



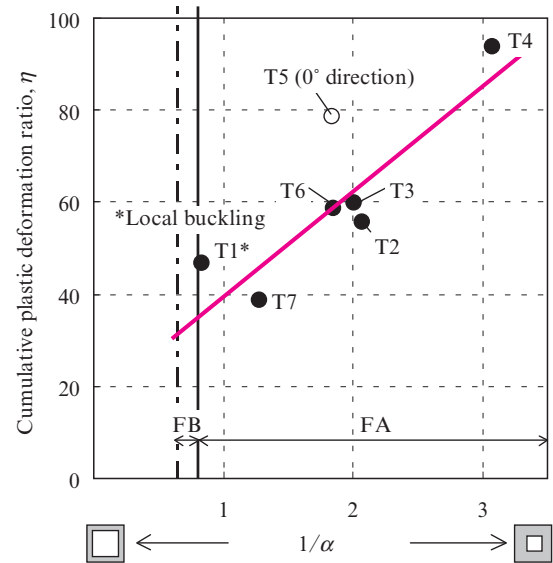
(b) Nominal welding method

図 4 通しダイアフラムの溶接仕様 (NBFW[®] 法と従来溶接法)

Fig. 4 Weld specification for through diaphragm (NBFW[®] and nominal welding method)

は同一条件であり、複数の試験体で結果のばらつきを検討している。すべての試験体の通しダイアフラム溶接部に脆性破断を回避する施工法である NBFW[®]法 (図 4)^{19, 22)} を適用した。NBFW[®]法では最終層の溶接パスでビード U を通常よりも鋼管母材側へ寄せて施工すること、ビード U の入熱を低く抑え鋼管母材への熱影響を最小限に抑えること、つぎのビード T による再熱効果によりビード U 近傍の靱性を改善することなどがポイントである。このような施工により、地震変形時にクラック発生起点となるビード U 止端で、鋼管スキムプレートの応力方向にほぼ平行な熱影響部が形成され、かつ、良好な強度、靱性を持った溶接部が得られる。結果として、鋼管母材よりも相対的に強度、靱性が低い HAZ に沿った早期の脆性破断を回避する効果が期待できる。

図 5 に G385T の曲げ実験結果を示す。耐震安全性指標となる縦軸の累積塑性変形倍率 η は次式で算出される¹³⁾。



α: Equivalent width-thickness ratio=(σ_y/E)(D/t)²
σ_y: Yield strength of column on flat part E: Young's modulus
D: Width of column t: Thickness of column

図 5 G385T の曲げ実験結果

Fig. 5 Result of G385T bending test

$$\eta = \Sigma W / (M_p \cdot \theta_p)$$

ΣW: 試験体の塑性ヒンジが吸収したエネルギー (kJ)

M_p: 鋼管の全塑性モーメント (kN・m)

θ_p: 鋼管の全塑性モーメント時の回転角 (rad)

横軸は幅厚比 D/t を鋼管平板部スキムプレートの引張試験の降伏耐力 σ_y で基準化した一般化幅厚比 α で整理している。

T1 試験体は局部座屈により耐力低下したため、最大耐力から耐力が 5% 低下した時点を終局としてデータを整理した。その他の試験体はいずれもダイアフラム溶接部ビード止端から発生した延性き裂が鋼管母材側へ進展し、大きく塑性変形した後、破断した。これは「溶接 (熱影響) 部での破壊を防止して鋼管母材の性能を最大限に発揮させる」という NBFW[®]法で想定している破壊モードである。

以上の内容を含む各種検討により、建築構造用高性能 550 N/mm² 級冷間プレス成形角形鋼管 G385T に NBFW[®]法を適用することで、BCP325 などに要求される耐力低減などの設計上の付加事項 (平成 19 国土交通省告示第 594 号第 4 第三号ロ (2) 及び昭和 55 年建設省告示第 1791 号第 2 第三号イに規定される仕様規定¹²⁾) を非適用とすることができるとして一般財団法人日本建築センターより設計法評定を取得した (BCJ 評定-ST0205-01)。

3.3 合成構造としての構造性能

コンクリート充填鋼管 (Concrete filled steel tube; 以下、CFT) は、鋼管がコンクリートを拘束する効果 (コンファイ

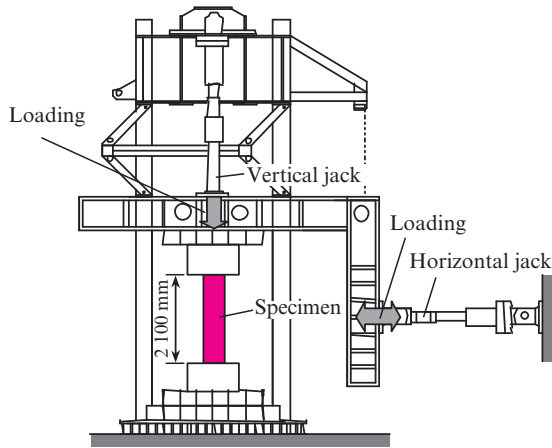


図6 一定軸力下の繰返し曲げせん断実験の概要

Fig. 6 Overview of shear bending test under constant axial force

表5 CFT 試験体一覧
Table 5 Specimens of CFT

	D (mm)	t (mm)	D/t	$s\sigma_y$ (N/mm ²)	$s\sigma_u$ (N/mm ²)	sYR (%)	$c\sigma_B$ (N/mm ²)	n ($=N/N_0$)
G1	350	12	29.2	395	542	73	63.8	0.4
G2	350	12	29.2				65.9	0.6
G3	450	12	37.5				68.1	0.4

D : Width of cross-section t : Thickness of cross-section
 $s\sigma_y$: Yield strength of steel $s\sigma_u$: Tensile strength of steel
 sYR : Yield ratio of steel $c\sigma_B$: Compression strength of concrete
 n : Axial force ratio N : Axial force
 N_0 : Compressive strength at the center

ンド効果)とコンクリートが鋼管を座屈補剛する効果により優れた変形性能と耐火性能を得られる利点があり、近年、超高層建築物を中心に広く適用されている。

図6にG385を用いたCFT柱の一定軸力下の繰返し曲げせん断実験の概要を示す⁷⁾。CFT柱試験体に、鉛直方向に取り付けた油圧ジャッキにより所定の圧縮力を与え、水平方向に取り付けた油圧ジャッキにより正負交番に曲げせん断を繰返し作用させた。

表5に試験体一覧を示す。充填コンクリートの圧縮強度は約60 N/mm²であり、打設は落とし込み工法とした。実験パラメータは、鋼管幅厚比(D/t)と軸力比($n=N/N_0$, N :鉛直軸力, N_0 :中心圧縮耐力)となっている。実験により得た曲げモーメント(M)・層間変形角(θ_{SD})関係の一例(試験体G3)を図7に示す。ここで、実験での曲げモーメントの評価には $P-\Delta$ 効果の影響を考慮している。繰返し漸増載荷において、急激に耐力が低下することなく、載荷終了まで当初の軸耐力を保持した。

図8に一定軸力下の繰返し曲げせん断実験結果を示す。幅厚比ごとに、実験の最大曲げモーメント(${}_{test}M_u$)を文

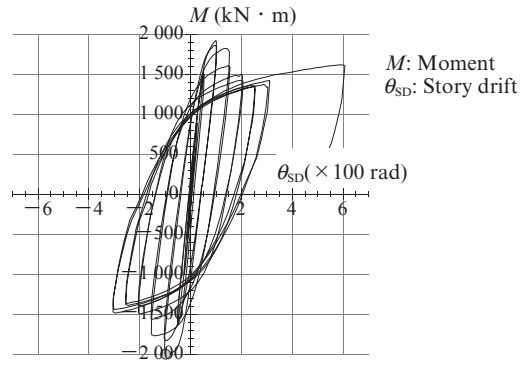


図7 曲げモーメント-層間変形角関係の一例(試験体G3)

Fig. 7 Bending moment-story drift relationship (Specimen G3)

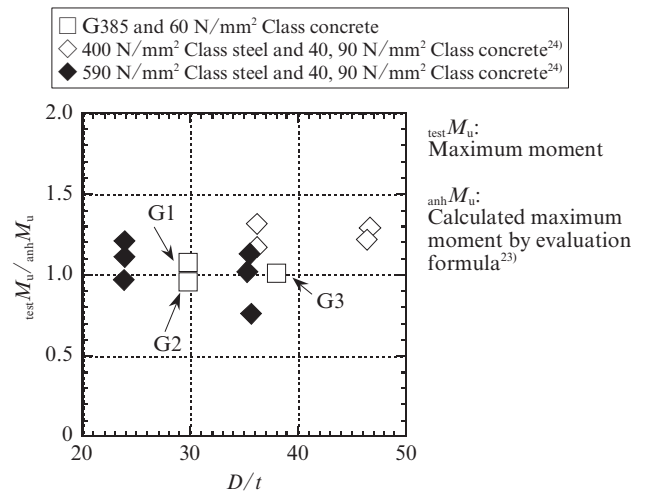


図8 一定軸力下の繰返し曲げせん断実験結果

Fig. 8 Result of shear bending test under constant axial force

献²³⁾の評価式による値(${}_{anh}M_u$)で除してプロットした。各プロットはいずれも縦軸で1近傍に位置しており、G385を用いたCFT柱の最大曲げモーメントは文献²³⁾の評価式と概ね対応していることが分かる。また、図8には比較のために既往の研究成果^{9,24)}も重ねてプロットした。G385を用いたCFT柱の結果は、既往の400, 590 N/mm²級鋼を用いたCFT柱の結果と同等の範囲に分布しており、これらのCFT柱と同等の構造性能を有していることが分かる。

4. 耐火性能

2000年6月の建築基準法改正では、耐火設計においても、「性能規定」の考え方が取り入れられた。これにより、耐火設計においても、性能的要求を満足することで種々の材料および構工法を採用することが可能となった²⁵⁾。

本章では、耐火性能評価の基礎データとなるHBL[®]385の高温引張試験の結果¹⁰⁾を紹介する。

高温引張試験はJIS G 0567「鉄鋼材料及び耐熱合金の高温引張試験方法」に基づき実施し、II-10型試験片を用いた。

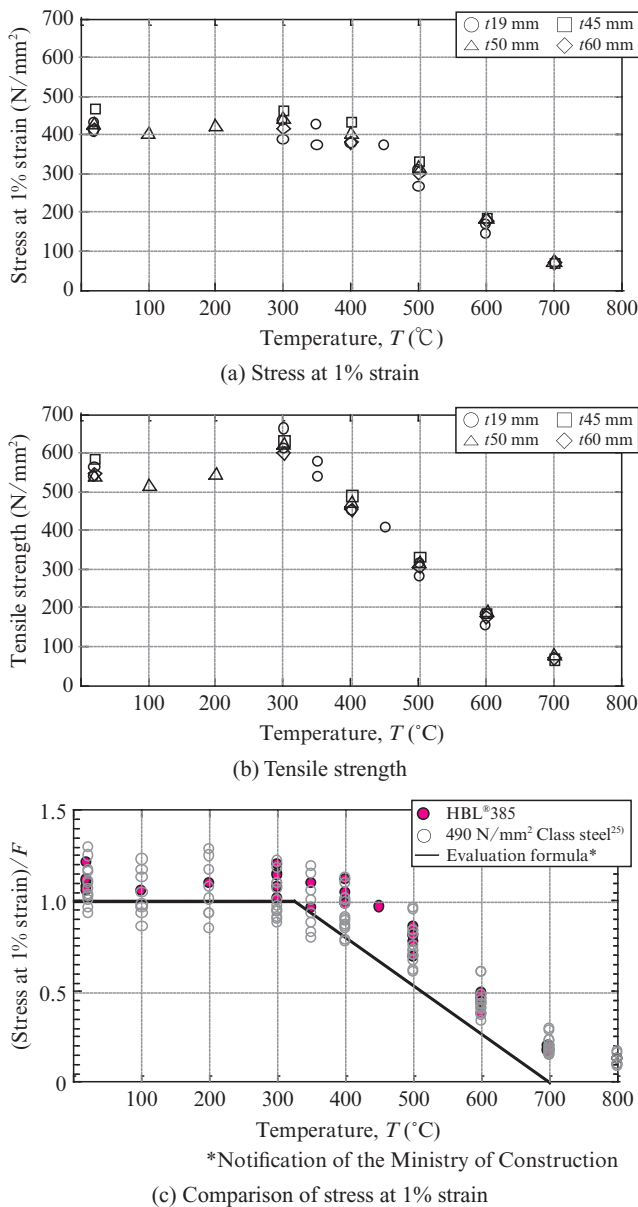


図9 高温引張試験結果

Fig. 9 Results of high-temperature tensile test

使用した鋼材はすべて同一鋼種の HBL[®]385 (基準強度 $F=385 \text{ N/mm}^2$) であり、板厚 60 mm, 50 mm がそれぞれ 1 チャージずつ、板厚 19 mm が 2 チャージ分の合計 5 チャージ分である。

試験結果 (試験片 2 本の平均値) を図 9 (a)~(b) に示す。各図の横軸は試験温度 T であり、縦軸は図 9 (a) がひずみが 1% の時の応力 (以下、ひずみ 1% 時応力)、図 9 (b) が引張強さである。

図 9 (c) には本試験結果を文献²⁵⁾で示されている 490 N/mm² 級鋼 ($F=325 \text{ N/mm}^2$) による試験結果、および平成 12 年建設省告示第 1433 号による鋼材の高温強度評価式と比較して示す。縦軸はひずみ 1% 時応力を基準強度 F で基準化したもの、横軸は試験温度 T である。図 9(c) より、HBL[®]385 は既往の 490 N/mm² 級鋼と同等の高温強度特性

を有することが確認できる。

なお、JFE スチールは、高温引張試験の他にも、HBL[®]385 シリーズの耐火被覆 CFT の荷重加熱試験も実施している¹⁰⁾。

5. おわりに

本論文では、最先端技術を駆使して開発された HBL[®]385 シリーズの概要を紹介し、低降伏比かつ高靱性、さらには優れた溶接性を兼ね備えた高強度鋼材としての特長を述べた。そして、これらの特長を活かした構造用部材が、使用部位・形状に応じて要求される性能を十分満足することを確認し、設計における諸規定を明確にしたことを述べた。現在、HBL[®]385 シリーズは、建築物の耐震安全性の確保と経済性の向上を実現する建築構造用鋼材として広く普及している。

これらはいずれも、550 N/mm² 級鋼開発の先駆者として、建築物の設計施工に関する社会のニーズに機敏に対応してきた成果である。

2011 年 3 月の東日本大震災をうけて、より安全な建築物が求められているなか、JFE スチールはこれからもお客様とともに安全・安心な街づくりに貢献していく。

CFT の繰返し曲げせん断実験では、福山大学 南宏一教授をはじめ研究室の皆様にご多大なるご助力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 林謙次, 藤沢清二, 中川一郎. JFE 技報. 2004, no. 5, p. 45-50.
- 鈴木伸一, 一宮克行, 秋田俊和. JFE 技報. 2004, no. 5, p. 19-24.
- 末石伸行, 荒川武和, 大森章夫, 松井篤美. JFE 技報. 2008, no. 21, p. 8-14.
- 中川佳, 加村久哉, 平野攻, 藤澤一善, 村上行夫. 日本建築学会大会学術講演梗概集. C-1, 構造 III, 2008, p. 549-550.
- 藤沢清二, 藤澤一善, 難波隆行. JFE 技報. 2005, no. 10, p. 41-50.
- 植木卓也ら. 日本建築学会大会学術講演梗概集. C-1, 構造 III, 2008, p. 1119-1120.
- 木下智裕, 難波隆行, 植木卓也, 村上行夫, 加村久哉, 島邦夫, 南宏一. 日本建築学会学術講演梗概集. C-1, 構造 III, 2009, p. 1213-1214.
- 加村久哉, 難波隆行, 木下智裕, 植木卓也, 村上行夫, 南宏一. 日本建築学会学術講演梗概集. C-1, 構造 III, 2009, p. 1215-1216.
- 難波隆行, 加村久哉, 木下智裕, 村上行夫, 藤井稔己, 南宏一. 日本建築学会大会学術講演梗概集. C-1, 構造 III, 2011, p. 1183-1184.
- 村上行夫, 木下智裕, 坂本義仁, 井英浩, 鈴木隆生. 日本建築学会大会学術講演梗概集. 防火, 2012, p. 271-272.
- 古谷仁志ら. 鋼構造論文集. 2001-12, vol. 8, no. 32, p.17-32.
- 日本建築センター. 2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書.
- 建築研究所, 鋼材倶楽部 共同研究 鋼構造建築物の構造性能評価試験法に関する研究 委員会報告書. 平成 14 年 4 月.
- 城戸雄太, 山田哲, 桑村仁, 秋山宏, 上遠野明夫. 日本建築学会学術講演梗概集. C 構造 II, 1992-08, p. 1245-1248.
- 井上哲郎, 桑村仁. 日本建築学会学術講演梗概集. C 構造 II, 1990, p. 1359-1360.
- 加藤勉, 秋山宏, 鈴木弘之. 日本建築学会論文報告集 (204). 1973, p. 9-17.
- 上場輝康. 日本建築学会構造系論文集 (507). 1998, p. 123-129.

- 18) 中島隆, 蓑田茂, 越智健之, 黒羽啓明. 日本建築学会学術講演梗概集. C 構造 II, 1990, p. 1487-1488.
- 19) 日本建築センター. 2008 年度版冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル.
- 20) 日本建築学会. 鋼構造限界状態設計指針・解説. 2002, p. 121-124.
- 21) 木下智裕, 村上行夫, 藤沢清二, 加村久哉, 植木卓也. 日本建築学会学術講演梗概集. C-1, 構造 III, 2010, p. 889-890.
- 22) 平野攻, 戸森康一, 沖晃司, 渡邊一夫, 山口種美. 鋼構造論文集. 2010-06, vol.17, no. 66, p. 1-10.
- 23) 新都市ハウジング協会. コンクリート充填鋼管 (CFT) 造技術基準・同解説の運用及び計算例等. 2005.
- 24) 森浩二ら. 日本建築学会大会学術講演梗概集. C-1 構造 III, 1996, p. 1027-1032.
- 25) 日本建築学会: 構造材料の耐火性ガイドブック. 2009.



中川 佳



植木 卓也



難波 隆行