② SN 鋼—その規格*

塩 飽 豊 明**

"New steels for building structure" SN-steels
—Contents of new standard: JIS G 3136*

by Toyooki Shiwaku**

キーワード：JIS 規格，建築構造物，耐震設計，塑性変形能力，降伏比，溶接性，炭素当量，耐ラメラテア，超音波探傷試験

1. はじめに

昭和 56 年に施行された建築構造物の新耐震設計法（現行法）は，それまでの弾性設計に代わり，鋼材が降伏した後の塑性域での変形能力の活用により，建物の耐震安全性を確保しようとするものとなっている。このような設計方法を具体化するためには，鋼材の降伏強度がある幅で設定され，部材の変形能力に係る降伏比が充分小さいことが基本要件となる。しかし，従来の JIS G 3101（一般構造用圧延鋼材：SS 鋼材）および JIS G 3106（溶接構造用圧延鋼材：SM 鋼材）は，このような規定がないため，必ずしも満足のいく材料ではなかった。

また，構造形式的には，ボックス形状の柱とダイアフラム及び梁を溶接で接合する構造が主流であり，耐震上極めて重要な接合部である柱・梁接合部で，鋼材の板厚方向に大きな引張力が作用する形状となっている。このような柱・梁接合部において，平成元年頃に，従来 JIS 規格品を用い通常の工法で溶接したとき，鋼板が板厚方向に開裂する事例が発生し，不良鉄骨問題として社会問題となった。

以上のような背景から，建築鉄骨の研究・設計・施工に携わる鋼材利用者側から，鉄骨造建築物固有の要求性能を確保できる鋼材が求められ，平成 6 年 6 月 1 日付けで，JIS 規格に建築構造用圧延鋼材（SN 鋼材）（JIS G 3136）が新たに規格化された¹⁾。

2. SN 鋼材の特徴

SN 鋼材は建築構造用鋼材の専用規格であり，従来の JIS 規格材（SS, SM 鋼材）と比較した SN 鋼材の特徴は以下のような点である。

(1) 設計，使用部位に応じた鋼材区分

新鋼種は鋼材の使用部位を考慮して，SN 400 A，SN 400 B，SN 400 C，SN 490 B，SN 490 C の 5 種類に区分さ

れている。

A 種は弾性設計部材で無溶接材，B 種は塑性変形性能と溶接性の確保を意図した一般構造部材，C 種は 4 面溶接箱型断面柱のスキンプレートや通しダイアフラムのようにより，B 種の性能に加えて特に溶接による板厚方向引張応力に対する安全性（耐ラメラテア特性）を重視した部材，という様に分類されている²⁾。

(2) 降伏後の塑性変形能力の確保

塑性変形能力を向上させるため，B 種，C 種には降伏比が 80% 以下，降伏点の上下限の幅が 120 N/mm^2 と規定されている。

(3) 溶接性能の確保

溶接による低温割れ防止のため，B 種，C 種には炭素当量（ C_{eq} ）あるいは溶接割れ感受性組成（ P_{CM} ）の上限値が規定されている。

(4) 厚さ方向の引張性能（耐ラメラテア特性）の確保

溶接により厚さ方向に引張応力を受ける部材に用いられる C 種には，厚さ方向の絞り値の下限が 25% と規定され，超音波探傷検査が義務づけられている。また，S 量の上限値が 0.008% と規定されている。

(5) 公称断面寸法の確保

厚さ断面不足防止のため，厚さのマイナス側許容差は，鋼板，鋼帯では従来，厚さに応じ $0.3 \sim 1.3 \text{ mm}$ であったものが厚さによらず一律に 0.3 mm と厳しくなっている。H 形鋼のフランジでも従来 $1.0 \sim 2.0 \text{ mm}$ であったものが $0.3 \sim 1.5 \text{ mm}$ と厳しくなっている。

3. SN 規格の内容

この規格は，建築構造物に用いる熱間圧延鋼材を対象として新規に制定された。ただし，構成・表現の多くは，JIS G 3106（SM 規格）がベースになっている。

3.1 適用範囲

従来，建築構造物に用いられてきた鋼材は，主として SS 鋼材，SM 鋼材であるが，これらは建築・橋・船舶・車両・石油貯槽・容器等の構造物に用いられる汎用鋼材であった。しかし，本来，建築構造物に用いられる鋼材

*原稿受付 平成 8 年 1 月 11 日

**正 員 ㈱神戸製鋼所 Member, Kobe Steel, Ltd.

は、昭和 56 年制定の新耐震設計法の基本理念を満足させる鋼材として、固有の特性が要求されるべきものである。このため、本規格は、使用者側の要望によって SS 鋼材、SM 鋼材とは別に、建築用途の構造材料を対象を絞って規定されたものである。なお、平成 7 年 11 月には、SS 規格、SM 規格が改定され、適用範囲から「建築」の文字が削除されている。

3.2 種類及び記号

- ①種類は、引張強さ 400 N/mm²クラスの SN 400 A, B, C 及び引張強さ 490 N/mm²クラスの SN 490 B, C の 5 種類である。建築構造物において、これらがどのように使用されるかは、建築技術の側面から決定されることである。なお、490 N/mm²クラスの A 種は、必要性が少なく制定されていない。
- ②鋼材は、鋼板、鋼帯、形鋼及び平鋼である。
- ③適用厚さは、低層建築物から高層建築物にわたる適用を意図して 6 mm 以上 100 mm 以下である。ただし、C 種の厚さに関しては、16 mm 以上 100 mm 以下とされている。
- ④種類の記号で、SN の N は New Structure の頭文字である。

3.3 化学成分

表 1 に、SN 鋼材と SS, SM 鋼材の比較を示す。

① A 種 (SN 400 A)

従来の SS 400 をベースとして、C 量の上限值が新たに規定されている。但し、溶接性保証の意図ではない。

② B 種 (SN 400 B, SN 490 B)

従来の SM 400 B 及び SM 490 B をベースとして、鋼材の用途、使用者側の要望等を考慮し、溶接性改善、品質改善も意図して、P 量が 0.030% 以下、S 量が 0.015% 以下と規定されている。

③ C 種 (SN 400 C, SN 490 C)

上記 B 種をベースに、特に板厚方向特性を改善した鋼

材であり、JIS G 3199 [鋼板及び平鋼の厚さ方向特性] の Z 25 クラスに対応した低 S 量 ($\leq 0.008\%$) とし、P 量も 0.020% 以下まで低減した高品質鋼となっている。

3.4 炭素当量又は溶接割れ感受性組成

従来の SS 鋼材と SM 鋼材には、炭素当量 (Ceq) や溶接割れ感受性組成 (P_{CM}) は、溶接性評価の重要な因子であるが、特に規定されていなかった。SN 鋼材では使用時に溶接接合することを想定した B 種及び C 種に対して、溶接性の改善を目的に、表 1 に示すように Ceq 又は P_{CM} が新たに規定された。A 種は、溶接接合を想定していないため規定されていない。Ceq は、普及度の高い溶接性の指標として規定されたが、受渡当事者間の協定によっては、Ceq に代わって P_{CM} の規定値を指定することができる。

SN 400 B, C の規定値は $Ceq \leq 0.36\%$ 又は $P_{CM} \leq 0.26\%$ であり、SN 490 B, C の規定値は板厚 40 mm 以下の場合、 $Ceq \leq 0.44\%$ 又は $P_{CM} \leq 0.29\%$ 、板厚 40 mm 超えの場合、 $Ceq \leq 0.46\%$ 又は $P_{CM} \leq 0.29\%$ である。

Ceq 又は P_{CM} は、以下に示す計算式で計算される。

$$Ceq = C + Si/24 + Mn/6 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$$

$$P_{CM} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

Ceq の計算式に規定された元素は、添加の有無にかかわらず計算に使用し、ミルシートに記載される。 P_{CM} を採用した場合には、さらに Cu, B の含有量がミルシートに記載されることとなる。

SN 490 B 及び SN 490 C 鋼板で、より一層の溶接性向上が必要とされる場合には、熱加工制御 (TMCP) を適用し、Ceq 及び P_{CM} を低減した鋼板が使用できるよう設定されている。この SN 規格 TMCP 鋼板は、板厚 50 mm 以下の場合、 $Ceq \leq 0.38\%$ 又は $P_{CM} \leq 0.24\%$ 、板厚 50 mm 超えの場合、 $Ceq \leq 0.40\%$ 又は $P_{CM} \leq 0.26\%$ と規定されており、通常の SN 490 鋼板よりも Ceq で 0.06~0.08%、

表 1 SN 規格と SS, SM 規格の化学成分の比較

強度区分	J I S区分	種類の 記号	化 学 成 分 %								
			C		S i	Mn	P	S	Ceq		P _{c m}
			厚さ 6≦ (mm) ≦50	50< ≦100					厚さ 6≦ (mm) ≦40	40< ≦100	
400N/mm ²	J I S G 3136 (S N材)	SN400A	≦0. 24		—	—	≦0. 050	≦0. 050	—		—
		SN400B	≦0. 20	≦0. 22	≦0. 35	0. 60~1. 40	≦0. 030	≦0. 015	≦0. 36	≦0. 26	
		SN400C					≦0. 020	≦0. 008			
	J I S G 3101 (S S材)	SS400	—		—	—	≦0. 050	≦0. 050	—		—
	J I S G 3106 (S M材)	SM400A	≦0. 23	≦0. 25	—	2. 5C≦	≦0. 035	≦0. 035	—		—
		SM400B	≦0. 20	≦0. 22	≦0. 35	0. 60~1. 40			—		—
		SM400C	≦0. 18			≦1. 40			—		—
490N/mm ²	J I S G 3136 (S N材)	SN490B	≦0. 18	≦0. 20	≦0. 55	≦1. 60	≦0. 030	≦0. 015	≦0. 44	≦0. 46	≦0. 29
		SN490C					≦0. 020	≦0. 008			
	J I S G 3101 (S S材)	SS490	—		—	—	≦0. 050	≦0. 050	—		—
	J I S G 3106 (S M材)	SM490A	≦0. 20	≦0. 22	≦0. 55	≦1. 60	≦0. 035	≦0. 035	—		—
		SM490B	≦0. 18	≦0. 20					—		—
		SM490C	≦0. 18						—		—

P_{CM} で0.03～0.05%低減されている。なお、現在、一部の建築構造物には、板厚40mmを超えて、設計基準強度を向上させた建設大臣一般認定材のTMCP鋼板が使用される場合があるが、SN規格のTMCP鋼板は、この大臣認定材とは異なり、設計基準強度を通常のSN鋼板と同レベルとした上で、溶接性の向上を図った鋼板である。

3.5 機械的性質

表2に、SN鋼材とSS、SM鋼材の機械的性質および超音波探傷試験の比較を示す。

①引張試験

SN規格の従来にない大きな特徴は、降伏点又は耐力の上限、及び降伏比の上限を規定した点である。

降伏点又は耐力の上限は、大地震時に、設計意図とは異なる部材が先行降伏し、骨組みに危険な挙動が生じないようにするため、上下限のばらつき範囲が120 N/mm²以下となるよう規定されたものである。

また、降伏比の上限については、使用者側から「建築構造物用の鋼材は、大地震時に塑性変形能をもたせる必要があるため、低い降伏比が望ましい」との要望を受けて80%以下と規定されている。

降伏点又は耐力の上限及び降伏比の上限が規定される板厚範囲は、板厚が低減するほど製造が困難となるが、建築構造物用鋼材としては板厚12mm以上の割合が多いことから、B種の板厚12mm以上及びC種の全て(板厚

16mm以上)が対象となっている。

②シャルピー衝撃試験

建築構造物の重要部材に使用されるB及びC種について、3個の試験片の0°Cでの吸収エネルギーの平均値が27J以上と規定されている。

③厚さ方向特性

厚さ方向に特に大きな引張力が働く部材への使用が意図されているC種について、JIS G 3199「鋼板及び平鋼の厚さ方向特性」及びWES 3008「耐ラメラテア鋼材の特性」に従って、厚さ方向特性試験が義務付けられた。規格値は、3本の厚さ方向絞り値の平均が25%以上と規定されている。なお、C種のS量もこのWES規格から制定されている。

3.6 超音波探傷試験

従来のSM規格では、受渡当事者間で協定された場合に実施となっているが、SN規格C種の板厚16mm以上の鋼板に対しては、JIS G 0901(建築用鋼板及び平鋼の超音波探傷試験による等級分類と判定基準)に従い、全量実施が義務づけられている。判定基準は、SM規格に合わせ等級Yである。また、SN規格B種の板厚13mm以上では、SM規格と同様、受渡当事者間の協定によってオプションとして実施するようになっている。

3.7 形状、寸法、質量及びその許容差

表3に鋼板の厚さの許容差の抜粋を現行JIS G 3193

表2 SN規格とSS、SM規格の機械的性質および超音波探傷試験の比較

強度区分	J I S区分	種類の 記号	降伏点または耐力 N/mm ²					引張 強さ N/mm ²	降伏比 %	伸 び % (鋼材の厚さ mm)			シャル ピー v E0 J	厚さ 方向 絞り %	超音波探傷 試験		
			(鋼材の厚さ mm)							(鋼材の厚さ mm)							
			6 ≤ <12	12 ≤ <16	16	16 < ≤40	40 < ≤100			1A号 ≤16	1A号 16 < ≤50	4号 40 <					
400N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN400A	235 ≤			215 ≤	400 ～510	— ≤80 YP上限 規定の あるも の	17 ≤	21 ≤	23 ≤	—	—	—			
		SN400B	235 ≤			215 ～335			18 ≤	22 ≤	24 ≤				27 ≤	25 ≤	13 ≤ t につい てオプション JIS G 0901 等級Y
		SN400C	—	—	235～355												
	JIS G 3101 (SS材)	SS400					400 ～510	—	17 ≤	21 ≤	23 ≤	—	—	—			
	JIS G 3106 (SM材)	SM400A	245 ≤		235 ≤	215 ≤			—	18 ≤	22 ≤				24 ≤	—	13 ≤ t につい てオプション
		SM400B														27 ≤	
		SM400C														47 ≤	
490N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN490B	325 ≤			295 ～415	490 ～610	≤80 YP上限 規定の あるも の	17 ≤	21 ≤	23 ≤	27 ≤	—	13 ≤ t につい てオプション			
		SN490C	—	—	325～445								25 ≤	JIS G 0901 等級Y			
	JIS G 3101 (SS材)	SS490	285 ≤		275 ≤	255 ≤	490 ～610	—	15 ≤	19 ≤	21 ≤	—	—	—			
	JIS G 3106 (SM材)	SM490A			315 ≤	295 ≤			—	17 ≤	21 ≤				23 ≤	—	13 ≤ t につい てオプション
		SM490B	325 ≤													27 ≤	
		SM490C														47 ≤	

表 3 鋼板および鋼帯の厚さの許容差の代表値 (単位 mm)

幅 規格 厚さ	1600 未満		1600 以上 2500 未満		2500 以上 4000 未満	
	JIS G 3193 従来	JIS G 3136 (SN)	JIS G 3193 従来	JIS G 3136 (SN)	JIS G 3193 従来	JIS G 3136 (SN)
6.00以上 6.30未満	±0.50	+0.70 -0.30	±0.60	+0.90 -0.30	±0.75	+1.20 -0.30
6.30以上 10.0未満	±0.55	+0.80 -0.30	±0.65	+1.00 -0.30	±0.80	+1.30 -0.30
10.0以上 16.0未満	±0.55	+0.80 -0.30	±0.65	+1.00 -0.30	±0.80	+1.30 -0.30
16.0以上 25.0未満	±0.65	+1.00 -0.30	±0.75	+1.20 -0.30	±0.95	+1.60 -0.30
25.0以上 40.0未満	±0.70	+1.10 -0.30	±0.80	+1.30 -0.30	±1.0	+1.70 -0.30
40.0以上 63.0未満	±0.80	+1.30 -0.30	±0.95	+1.60 -0.30	±1.1	+1.90 -0.30
63.0以上 100 未満	±0.9	+1.50 -0.30	±1.1	+1.90 -0.30	±1.3	+2.30 -0.30
100	±1.3	+2.30 -0.30	±1.5	+2.70 -0.30	±1.7	+3.10 -0.30

表 4 H 形鋼のフランジ厚さの許容差 (単位 mm)

規格 厚さ	JIS G 3192 (従来)	JIS G 3136 (SN材)
6.0 以上16未満	±1.0	+1.7 -0.3
16以上 25未満	±1.5	+2.3 -0.7
25以上 40未満	±1.7	
40以上 100以下	±2.0	+2.5 -1.5

との対比で示す。SN 規格では、厚さ・幅区分によらずマイナス側の許容差を -0.3 mm に統一してある。これは、使用者側からの要望を受け、また、ISO 規格、ASTM 規格、IACS 規格等に範を求めて、下限公差の厳格化を採用したものである。なお、許容差全体の範囲は、従来の JIS 許容差幅となっている。

一方、形鋼については、強度的に最も重要と考えられるフランジ厚さについて、ASTM の質量許容差を厚さの許容差に変換することにより、許容差を規定している。

表 4 に H 形鋼のフランジ厚さの許容差を現行 JIS G

3192 と比較して示している。厚さにより数値に差があるが、いずれも許容差全体の範囲は従来の JIS 許容差幅のままで、従来 JIS よりマイナス側が厳しくなっている。

厚さ許容差以外の形状、寸法、重量の許容差は、従来通りとし、JIS G 3192、JIS G 3193、JIS G 3194 に従うこととなっている。

3.8 熱処理

鋼材には、必要に応じて、焼ならし又は焼戻しを行うことができる。また、受渡当事者間の協定によって、熱加工制御 (TMCP) 又は適当な熱処理を行うことができるよう規定されている。なお、板厚 40 mm 超えの TMCP 鋼材には、SN 規格材と建設大臣一般認定材が別規格としてあるので、混乱なきよう付記しておく。

4. お わ り に

阪神大震災の被害調査報告書^{3,4)}等を見ると、現行の新耐震設計基準による建築物では、溶接部が健全であった場合、部材が塑性化して地震のエネルギーを吸収したもののと思われ、大きな被害となったものは少なかった。一方、溶接接合部に不良があり、溶接部強度が不十分であった場合には、ほとんど塑性変形せずに、その接合部から破壊した被害事例が数多く見受けられた。SN 鋼材は、この塑性変形能力の向上に力点が置かれた鋼材であるとともに、溶接接合部の安全性を保つための溶接性を考慮した信頼性の高い鋼材となっている。

SN 鋼材が有効に利用されると共に、適切な設計、施工、管理が行われることにより、鉄骨建築構造物の耐震安全性が大きく向上することを期待する。

参 考 文 献

- 1) 日本規格協会：日本工業規格「建築構造用圧延鋼材」JIS G 3136, (1994)
- 2) 日本建築センター：建築物の構造規定—建築基準法施工令第 3 章の解説と運用—, (1994)
- 3) 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築被害調査報告書, (1995)
- 4) 建築震災調査委員会：平成 7 年阪神・淡路大震災建築震災調査委員会中間報告, (1995)

[新 刊]

溶接法ガイドブック3
アーク溶接の自動化技術

溶 接 学 会
溶接法研究委員会編

体裁 B5 判, 427 頁, ソフトカバー, 定価 8,000 円 (消費税込み)。
購入の申込は下記へご連絡ください。

申込先：社団法人 溶接学会 事務局 松尾
〒101 千代田区神田佐久間町 1-11
TEL 03-3253-0488 FAX 03-3253-3059