

鉄骨建築物における鋼材とその利用技術

渡辺 伸生

Nobuo Watanabe

住友金属工業(株) 建設技術部 参事補

Application of Steel Materials for Steel Frame Building

1 はじめに

建築物の構造設計上、地震力が重要な支配因子である我が国において、強度と靱性を兼ね備えた鋼材は、素材コストの安さと相まって建築構造用材料として特に優れたものであるといえる。

1890年、我が国における最初の鉄骨構造が工場建物として建設された。その約1世紀後の現在、建築分野における鋼材消費量は年間2千万トンを超え、産業分野別に見ても第1位の需要を創出している。

建築物を木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造(SRC造)に大別すると、図1に示すように、鉄骨造は木造と並び我が国において最も普及した構造である。

本論において、建築物への要求性能から生まれた新しい建築用鋼材および鋼材の利用技術について述べる。

2 鉄骨建築物の特徴

鋼材は構造用材料として以下に示すように優れた性能を持っている。

①高い比強度

鋼材の比重はコンクリートの3.4倍であるが、引張耐力はコンクリートの10~20倍程度である。

鉄骨構造部材自体の重量は鉄筋コンクリート造と比較してはるかに軽いものとなり、鉄筋コンクリート造では不可能な大スパン建築物や超高層建築物の実現に寄与している。

②優れた靱性

建築構造物の設計、特に巨大地震に対する設計は、地震に対し架構が大きな塑性変形を生ずることにより、地震入力エネルギーを吸収することで大きな地震下でも崩壊を免れるといった思想に基づいている。

他の建築用材料(主にコンクリート)と比較して優れた靱性を有する鋼材からなる鉄骨部材および鉄骨架構は塑性変形能力に優れている。これは鋼材が建築構造物に適した材料であること理由でもある。

建築物がより高層化・巨大化(大スパン化)していく現在において鋼材は最も優れた材料の一つであるが、一方で耐火性能が低いといった欠点もあげられる。

鋼材は高温になると耐力が低下するため、鉄骨造建築物においては、火災時の構造安定性を確保するため鉄骨部材に耐火被覆(鉄骨のまわりにロックウール等を吹き付けることによって火災から鉄骨温度の上昇を防ぐもの)の施工が行われている。

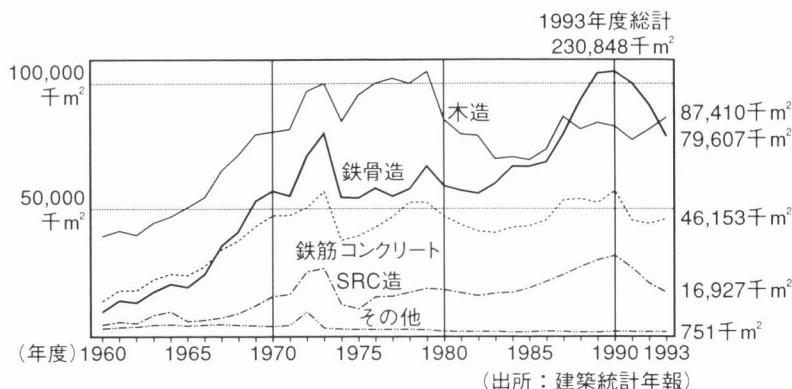


図1 構造種別着工面積 (年度)

建築物の用途や空間形態に応じて鉄骨部材の形状や鋼材素材の表情をデザイン上表現したい場合に耐火被覆が建築意匠上妨げになる例も見られている。

最近においては、鋼材自体の高温耐力を高めたものやコンクリートとの合成効果により部材としての耐火性能を確保する材料・工法が開発されているがそれらについては後で述べる。

3 建築物への要求と鋼材

3.1 建築物への要求

建築構造物には常に、より高く、より広く、といった建築物の高層化・大スパン化が要求され続けてきた。都心の超高層ビル群や野球場等のドーム建築はその結果であり、建築物の巨大化という要求は今後もますます高まっていくと考えられる。また、より美しい空間、建築物の創造は建築設計者にとって根本的な理想であることは言うまでもない。

建築物への要求を“高層化・巨大化”、“意匠性の向上”をとらえた場合、鉄骨建築物は新しい鋼材および工法の開発によりその要求に应运えてきている。

図2に最近の新しい鋼材および工法の位置づけを示す。

3.2 建築物の高層化・巨大化

3.2.1 TMCP鋼、SA440

建築物の高層化・巨大化に対しては、建築構造物に必要な性能（塑性変形能力等）および施工性（溶接性等）を確保しつつ材料強度を高めた鋼材が開発されている。

その代表例としてTMCP鋼とSA440が挙げられるが、TMCP鋼は、炭素当量を低く押さえ強度を確保することで施工性（溶接性）に優れた鋼材であり、SA440は、従来の高張力鋼材の製造方法に二相域熱処理プロセスを加えることで優れた靱性を確保した590N/mm²クラスの鋼材である。

両者とも日本工業規格や建築基準法に規定された鋼材ではないものの既に高炉メーカーにより建設大臣の一般認定が取得されており広く普及されている鋼材である。

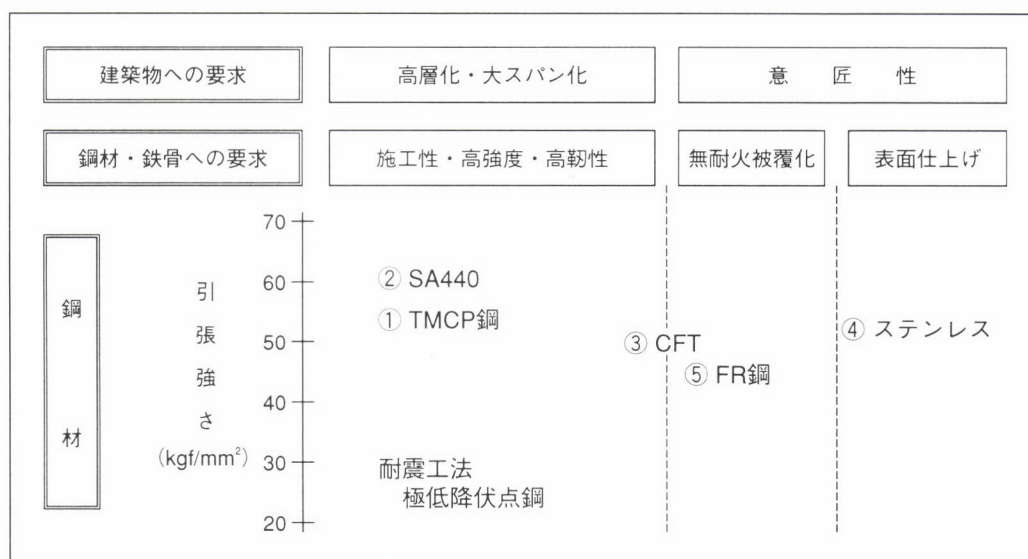
3.2.2 極低降伏点鋼

材料の強度を高め構造物の高層化・巨大化に寄与する一方で、反対に、強度を低く押さえ、さらに靱性（変形能力）を向上させた鋼材（極低降伏点鋼）を構造体の一部に利用し、構造体の変形による地震入力エネルギーの吸収量をより増加させることで耐震性を高める工法も開発されている。極低降伏点鋼の利用技術については次章で述べる。

3.2.3 CFT構造

CFT構造は角形鋼管および円形鋼管の内部にコンクリートを充填することによる鋼材とコンクリートとの合成構造である。（普通の鋼材と普通のコンクリートとの組合せである。即ち、材料的に特殊なものではなく構造形式が新しい。）

両者の合成効果として、



- ① TMCP鋼：建築構造用TMCP（Thermo Mechanical Control Process）鋼板〔建設大臣認定品〕
- ② SA440：建築構造用高性能590N/mm²鋼材〔建設大臣認定品〕
- ③ CFT：Concrete Filled Tube（コンクリート充填鋼管）
- ④ ステンレス：建築構造用ステンレス鋼材〔ステンレス協会 SAS 601-1993〕
- ⑤ FR鋼：Fire Resistant Steel（耐火鋼）

図2 新しい鋼材・工法の位置づけ

- ①鋼管とコンクリートとの耐力の累加
- ②鋼管によって拘束されるコンクリート強度の上昇
- ③内部コンクリートによる鋼管の局部座屈の抑制
- ④耐火性能の向上

が挙げられるが、①～③により、鉄骨単体の部材に対しCFT構造部材の構造性能（耐力、靱性）は飛躍的に向上する。

また、④については内部コンクリートにより部材全体としての熱容量が向上することが、本構造の潜在的な性能といえる。最近ではCFT構造の優れた耐火性能を活かしてこれまでは鋼管表面に法的には必要であった耐火被覆を省略する例も増えている。

CFT構造についても(社)新都市ハウジング協会により建設大臣の認定が取得されており、今後、建築分野において最も注目されるであろう構造の一つである。

3.3 建築物の意匠性の向上

建築物の意匠性の向上については、鋼材面から二通りのアプローチがなされている。

3.3.1 ステンレス*

一つは、意匠的には優れているにもかかわらず、従来、建築構造用として使用されていなかった鋼材(ステンレス)を建築構造用として使用できる周辺技術（設計法・施工法）を確立したことであり、既に(社)ステンレス構造建築協会により建設大臣の一般認定が取得されており、建築構造用ステンレス鋼材は広く普及されはじめている。

3.3.2 FR鋼

二つめは耐火被覆を省略することのできる鋼材および設計法の開発である。

“耐火被覆のいらぬ鉄骨”を実現すべく開発されたのがFR鋼である。FR鋼は高温（600℃）での耐力が常温規格値の2/3以上であることを保証した鋼材であり、現在高炉メーカーによって製造されている。FR鋼は建築構造用圧延鋼材（JISG3136）の性能を保持するとともに耐熱性を高める合金（モリブデン等）添加により高温強度を付加した鋼材である。

FR鋼による耐火被覆の省略は、鋼材開発とともに建物内における火災性状予測や高温鉄骨部材の構造安定性検討等の周辺技術の開発により実現できたものであり、その概要については次章で述べる。

構造部材の無耐火被覆化は前述のCFT構造とFR鋼により広く普及されはじめている。

4 新技術の紹介

ここでは、前述の鋼材のうちその材料特性の向上と併せて、建築物の設計法・工法の開発によって生まれた新しい技術について紹介する。

◆極低降伏点鋼の機械的性質

- | | |
|-------------|---------------------------------------|
| 1) 降伏点レベル | → 100N/mm ² 級 [SN490の約1/3] |
| 2) 伸び性能 | → 40%以上 [SN490の約2倍] |
| 3) 降伏点のバラツキ | → 50N/mm ² [SN490の約1/3] |

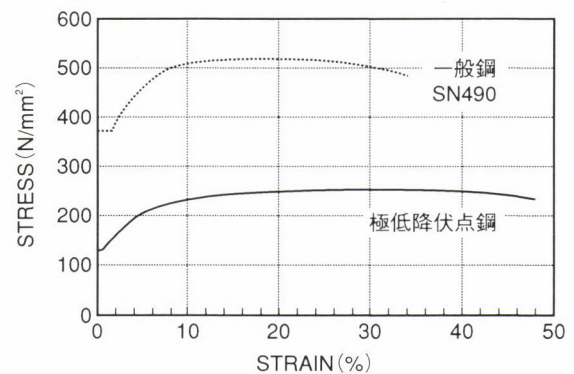


図3 極低降伏点鋼の応力-歪み曲線
SN: Steel for New structure

◆制震システムの原理

- 1) 骨組を構成する部材に対して極低降伏点鋼を先行降伏
- 2) 鋼材の履歴減衰効果による地震エネルギーの吸収



骨組に作用する地震力・変形の低減

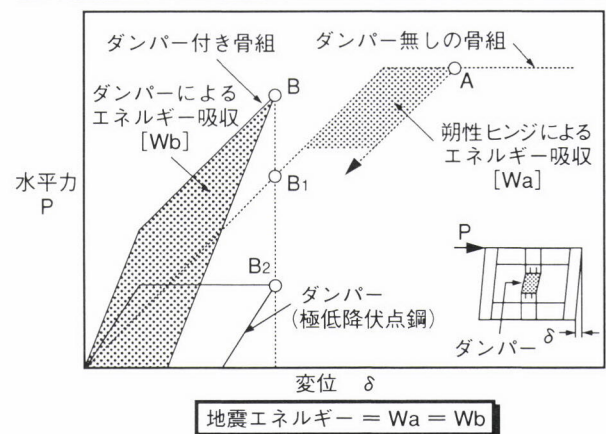


図4 極低降伏点鋼の利用技術例

*マルテンサイト系（13Cr系）SUS410、フェライト系（18Cr系）SUS430、オーステナイト系（18Cr-8Ni系）SUS304の3種

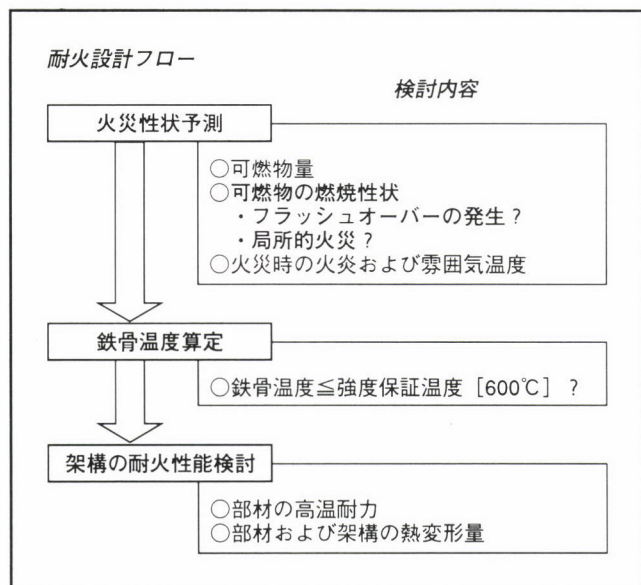


図5 FR鋼の耐火設計フロー



図6 自動車燃焼実験状況

4.1 極低降伏点鋼の利用技術

図3に極低降伏点鋼の応力-ひずみ関係を示す。

極低降伏点鋼は一般の鋼材に比べて、部材（材料）に作用する外力（応力）に対し早期に降伏、塑性化する優れた変形性能を有する鋼材である。（一般鋼に比べ強度に効くカーボンを減らした鋼材である。）

極低降伏点鋼を制震ダンパーとして構造体の一部に使用した例を図4に示す。

ダンパー付き骨組みの場合、骨組み自体は弾性範囲内の

変形であっても制震ダンパーの機能（極低降伏点鋼の変形）によるエネルギー吸収[Wb]が行われ、ダンパー無し骨組みが塑性変形した場合と同じエネルギーの吸収[Wa]が可能となる。

1995年1月の兵庫県南部沖地震以降、制震ダンパーに極低降伏点鋼を用いた実施例が増加している。

4.2 FR鋼の利用技術

FR鋼を使用して耐火被覆を省略する場合、図5に示す耐火設計を実施する必要がある。耐火設計のうち最も重要となるのは建物における火災性状を把握することであり、比較的穏やかな火災性状（空気（酸素）が供給されて急激に火災の勢いが強まるフラッシュオーバー）を伴わない少量可燃物の局所火災となる空間においてFR鋼を無耐火被覆で使用することが可能となる。

FR鋼を無耐火被覆で使用できる建物例として、

- ①開放型の自走式駐車場
- ②駅ビルの線路階（線路の通っている階の事）
- ③屋上階
- ④アトリウム等の大空間

等が挙げられるが、なかでも開放型の自走式駐車場については高炉メーカーにより関連技術の蓄積が行われ（図6：自動車燃焼実験状況）、建設大臣の認定が取得されており、今後さらに普及されていく鋼材である。

5 おわりに

最近の建築用鋼材およびその利用技術について述べたが、今後も鉄鋼技術者と建築技術者とが一体となり新しい建築用鋼材および利用技術の開発がなされ、鉄骨建築物が益々発展することを期待したい。

参考文献

- 1) 建築構造用鋼材の知識：鋼構造出版（1993.5.1）
- 2) 建築構造用TMCP鋼板，（社）鋼材倶楽部
- 3) 高性能鋼利用技術指針，建設省建築研究所，（社）鋼材倶楽部，1994年1月

（1996年12月11日受付）