

(技術資料)

構造物用高強度高靱性鋳鋼

森 啓之(工博)*・土山友博(工博)*・中村茂樹**・久保晴義***・古平 准***

*鉄鋼部門・鋳鍛鋼事業部・技術部 **鉄鋼部門・鋳鍛鋼事業部・産機品営業部 ***鉄鋼部門・鋳鍛鋼事業部・製造部

High-strength and High-toughness Cast Steel for Structural Components

Dr. Hiroyuki Mori・Dr. Tomohiro Tsuchiyama・Shigeki Nakamura・Haruyoshi Kubo・Jun Kodaira

High-strength, high-toughness cast steels were investigated for application to building super mega-frames. The developed cast steel had a tensile strength over 650N/mm² and a Charpy energy absorption of more than 100J at 0℃. The new cast steel was put through trial production verification tests for application to the super-mega frames of buildings. The test results met customer requirements, and the new cast steel was applied to an actual super mega-frame. In the future, this cast steel is expected to prove useful for bridge components and other structural parts.

まえがき = 鋳鋼品は鍛鋼品にくらべて複雑な形状を有する製品に対応できるとともにニアネットに製造することができる。さらに製造工程が単純で、過大な設備制約をうけることがないため、省エネ型製品といえる。

これら鋳鋼品においても、近年高性能化や軽量化を目的として、鋳鋼材に対する性能要求が厳しくなっている。たとえば建築部材などではとくに阪神大震災以降は強度のみならず靱性が強く要求されるようになってきた^{1)~3)}。このような背景のもと、当社でもこれまで蓄積された知見をもとに種々の材料開発をおこない、市場ニーズに応えてきている。

本稿では、その一例として、強度・靱性ともに優れた鋳鋼材の検討結果とその特性について述べるとともに、建築部材へ適用した例について紹介する。

1. 材質の検討

1.1 化学成分および機械的性質の要求値

現在、溶接構造用鋳鋼品は JIS G5102 で規格化されている。そのなかでもっとも高強度を有する材料は SCW620 であるが、国内外でも本材料の適用実績は非常に少ない。とくに高強度かつ高靱性を兼ね備えた材料特性を要求される場合には化学成分および熱処理条件の詳細な検討が必要となる⁴⁾⁵⁾。

第 1 表に JIS 規格における SCW620 材の化学成分規格を、第 2 表に機械的性質の規格を示す。表中には今回製作した建築用部材の要求値も併記している。建築用部材は溶接構造用として使用されるため炭素量を低くする必要があり、成分設計においては炭素当量 (Ceq) や溶接割れ感受性組成 (Pcm) などの厳しい制約をうける。この制約のもと高強度を実現するためには合金成分の最適な添加量を検討する必要がある。

とくに、後述する建築部材用の機械的性質要求値は第 2 表下段に示すように JIS 規格値よりも 0.2% 耐力、引張強さが高いだけでなく、特記すべきは 0℃ におけるシャルピー吸収エネルギーは 3 倍以上となっている。これは建築構造物の安全性に対する要求が厳しくなっているためと思われる。そこで本研究ではこのようなニーズに応えるため、種々の化学成分の材料を溶解して試験材を製作し、機械的性質の確認をおこなって最適成分を検討した。

1.2 化学成分・熱処理条件の検討

供試材は第 1 表の成分規格 (JIS 規格および要求値) を満足するように C, Si, Mn, Ni, Cr, Mo, V の添加量を種々に変化させた低合金鋼 5 種類の成分を高周波溶解炉をもちいて 900kg 溶製し、砂型に鑄込んだものももちいた。第 3 表に試験材の化学成分範囲を示す。鑄造後所定のサイズに切断し、焼入れ時の冷却速度を種々に変

第 1 表 SCW620 の化学成分
Table 1 Chemical compositions of SCW620

	mass%										Ceq	P _{cm}
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V			
JIS G5102	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040	2.50	0.50	0.30	0.20		0.50	—
Requirement	0.22	0.80	1.50	0.040	0.040						0.50	0.30

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

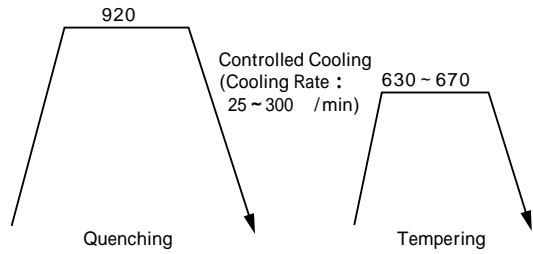
$$P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

第 2 表 SCW620 材の機械的性質
Table 2 Mechanical properties of SCW620

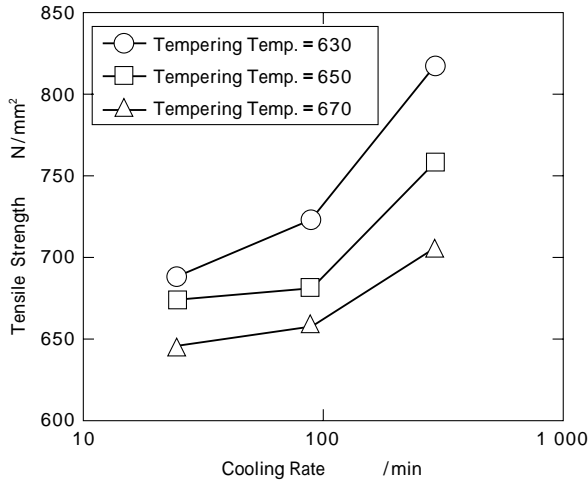
	0.2% Proof Stress	TS	El.	Charpy Absorbed Energy (0℃)
	N/mm ²	N/mm ²	%	$\sqrt{E_0}$ J
JIS G5102	430	620	17	27
Requirement	441	637	17	47(min) 94(ave.)

第 3 表 供試材の化学成分範囲
Table 3 Chemical composition range of test block

	mass%										Ceq	P _{cm}
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V			
0.14	0.35	0.80	0.005	0.004	1.00	0.10	0.15	0.09			0.50	0.30
~	~	~	~	~	~	~	~	~				
0.19	0.50	1.25	0.006	0.006	2.10	0.40	0.25	0.11				



第1図 試験片の熱処理条件
Fig. 1 Heat treatment conditions of specimens

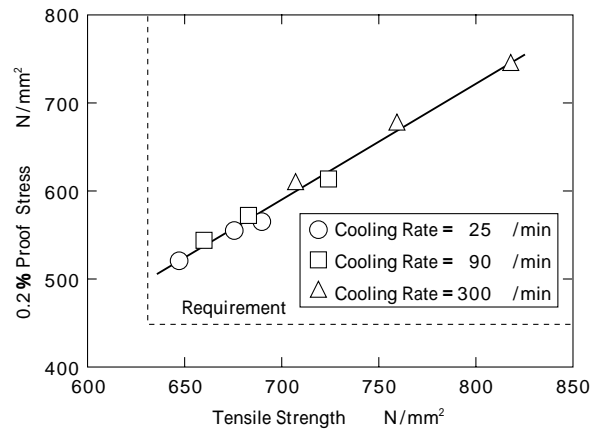


第2図 冷却速度と引張強さの関係
Fig. 2 Relation between cooling rate and tensile strength

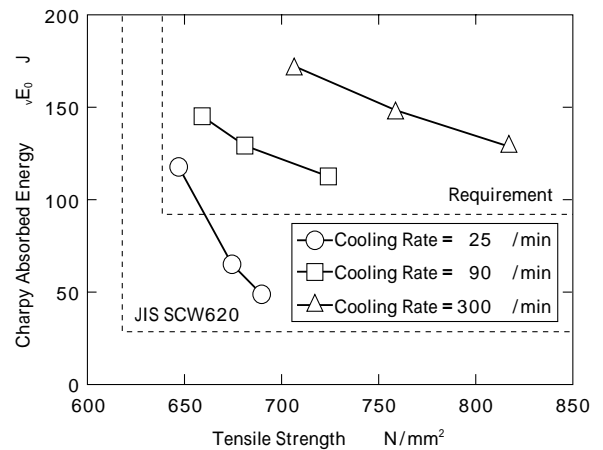
化させ、その後焼戻しを施した。焼戻し処理後、所定の試験片形状に加工し、引張試験およびシャルピー衝撃試験を実施した。第1図に熱処理条件を示す。

検討成分のなかでもっとも強度・靱性に優れた材料を候補材として選定した。候補材は高強度・高靱性で溶接性に優れた特性をえるために、低C-Ni系低合金鋼とした。選定された材料の焼入れ時の冷却速度と引張強さの関係を第2図に示す。第1図の熱処理条件範囲ではいずれの条件においても第2表における引張強さ要求値を満足することが確認された。第3図に引張強さと0.2%耐力の関係を示す。図中には第2表下段の要求値もあわせて示しているが、0.2%耐力についても十分な値を有していることがわかる。本試験における冷却速度範囲ではほぼ一定の降伏比(0.8~0.9)を有することも確認された。

第4図に引張強さとシャルピー吸収エネルギー(試験温度0)の関係を要求値とともに示す。いずれの熱処理条件の場合でもJIS規格は満足するものの、強度と靱



第3図 引張強さと0.2%耐力の関係
Fig. 3 Relation between tensile strength and 0.2% proof stress



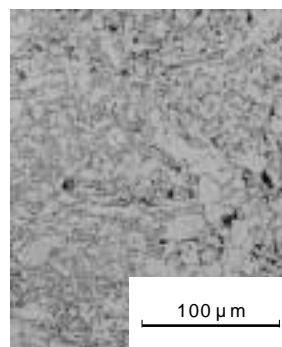
第4図 引張強さとシャルピー吸収エネルギーの関係
Fig. 4 Relation between tensile strength and Charpy absorbed energy

性のバランスは焼入れ時の冷却速度に依存し、要求値を満足させるためには冷却速度が90 /min程度以上必要であることがわかる。写真1にそれぞれの冷却速度におけるマイクロ組織の観察結果を示す。冷却速度90 /minでは完全ベイナイト組織が観察されるが、冷却速度25 /minになると若干のフェライトおよびパーライト組織が析出している。冷却速度25 /minの場合にシャルピー吸収エネルギーが低下するのはこのマイクロ組織の影響によるものと考えられる。

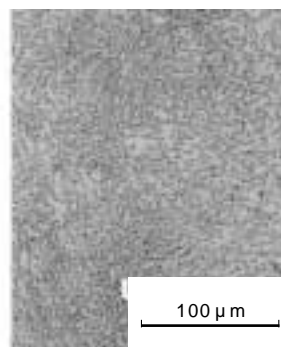
2. 建築部材への適用

上述の結果より、強度・靱性に優れた材料が選定された。そこで、以下に本材料を建築構造部材に適用した例

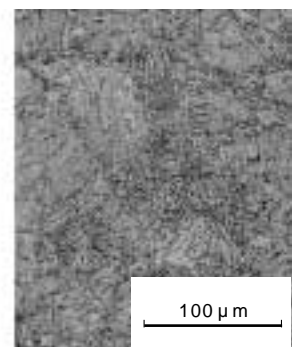
写真1 SCW620材のマイクロ組織
Photo 1 Microstructure of SCW620



Cooling Rate = 25 /min



Cooling Rate = 90 /min



Cooling Rate = 300 /min



写真2 スーパーメガフレーム用鑄鋼ブロック

Photo 2 Cast block for super mega-frame



写真3 鑄鋼ブロックの組込み状況と完成状況

Photo 3 Erection of cast block for super mega-frame



について述べる。写真2は建築構造部材として使用されるスーパーメガフレームの柱梁接合部にもちいられた鑄鋼ブロックの外観である⁶⁾。鑄鋼ブロックの化学成分・機械的性質は、構造設計仕様にしたがって製作した。本製品は重量約6.9t/個で中空構造となっており、基本肉厚は100mmである。そこで本製品に適用する際の熱処理条件を検討した。肉厚100mmの部材において前述の通り焼入れ時の平均冷却速度を90 /min程度確保するためには水焼入れする必要がある。そこで、試作品を選定成分で溶解・鑄造し、水焼入れ・焼戻し処理して製作した。その後、写真2に示す試作品の種々の部位より引張試験片を合計22本、シャルピー衝撃試験片を合計48本採取し確性試験を実施した結果、すべての部位において第2表下段の要求値を満足していることを確認し、実製品の製作を開始した。

本鑄鋼ブロックは計32個製作された。写真3は鑄鋼ブロックの構造躯体への組込み状況とスーパーメガフレーム完成状況を示したものである。現在も工事は進められており写真4に示すビルは2002年4月に竣工予定である⁶⁾。

3. 他製品への展開

本開発材は、これまでに建築用部材だけでなく、橋梁部品にも適用されている。現在では本研究でえられた技術的知見も加えて成分設計し、ディーゼルエンジン用クランク軸の鑄鋼スローへの展開を進めている。

むすび = 建築部材をはじめ、今後とも構造物用鑄鋼材に対する性能要求はますます厳しくなるものと予想される。当社の鑄鋼品製造の長い歴史のなかで蓄積されてきた技術をもとに、材料設計、鑄造方案設計、熱処理設計のみならず、製品最適化追求のために構造物安全性評価や意匠性検討についても実施し、顧客と一体化して活動していきたいと考えている。

最後に、本研究は(仮称)明治生命さいたま新都心ビル用鑄鋼ブロックの受注にあたってえられた成果であり、多大なるご協力を頂いた、明治生命保険相互会社、



写真4 (仮称)明治生命さいたま新都心ビル完成予想図(建築場所:埼玉県与野市))

Photo 4 Meiji Life Office Tower at Saitama new urban center

株式会社日建設計、明生JV川崎重工業株式会社、および株式会社横河ブリッジの各社に深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) 吉江慶祐ほか：日本建築学会学術講演梗概集(中国), C-1 (1999), p.371.
- 2) 土田公司ほか：日本建築学会学術講演梗概集(中国), C-1 (1999), p.373.
- 3) 小坂橋裕一ほか：日本建築学会学術講演梗概集(中国), C-1 (1999), p.375.
- 4) 森 啓之ほか：日本鑄造工学会第135回全国講演大会講演概要集,(1999), p.91.
- 5) 中田 毅ほか：日本鑄造工学会第137回全国講演大会講演概要集,(2000), p.81.
- 6) 小堀 徹ほか：日本建築学会学術講演梗概集(東北), C-1 (2000), p.559.