

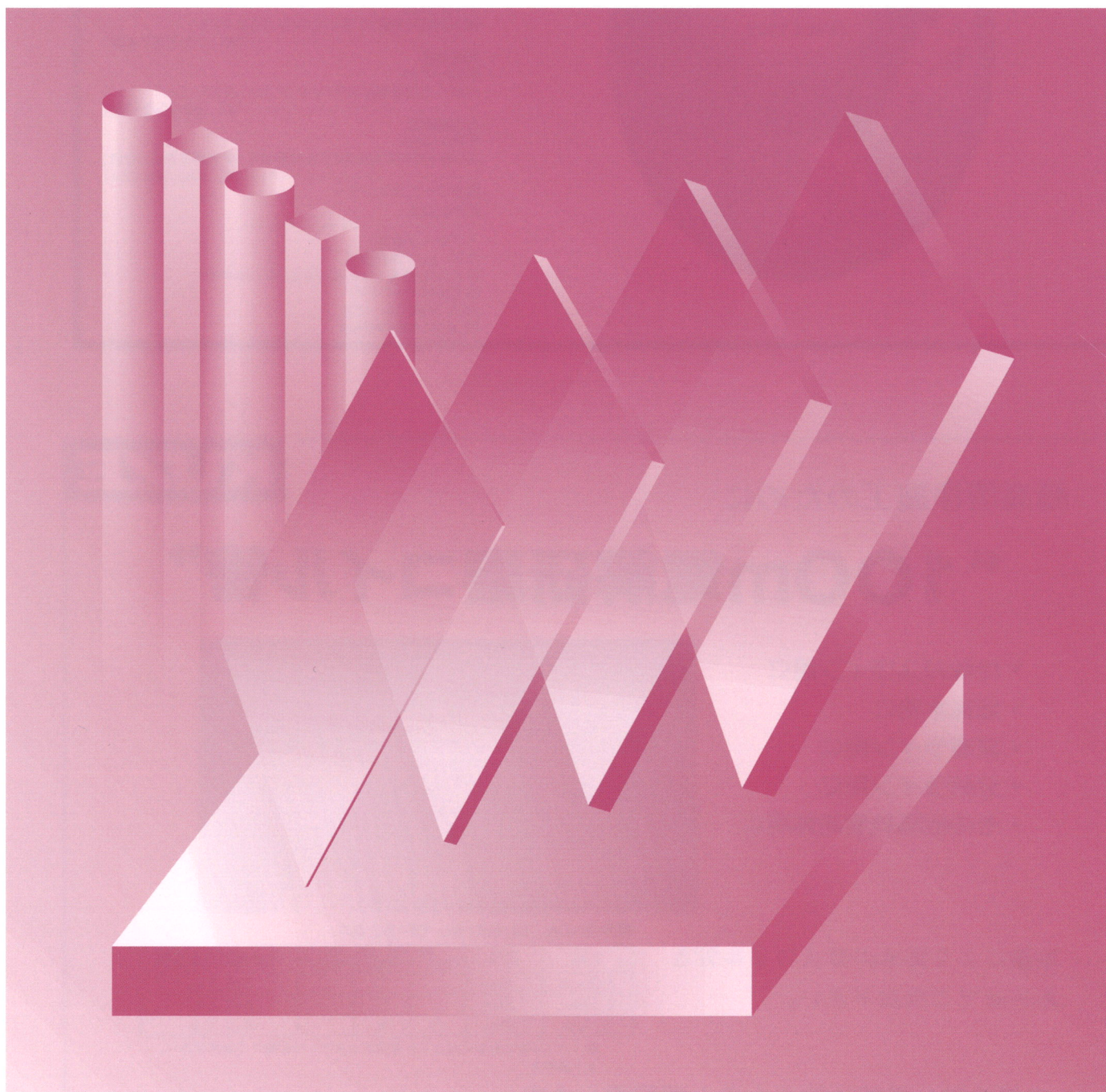
特殊鋼

2013
Vol.62 No.2

3

The Special Steel

特集／新ランドマークを支える鉄鋼材料



特殊鋼

3

目次

2013

【編集委員】

委員長	並木 邦夫 (大同特殊鋼)
副委員長	久松 定興 (中川特殊鋼)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	小椋 大輔 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	出町 仁 (新日鐵住金)
〃	本田 正寿 (大同特殊鋼)
〃	上田 博之 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	西 徹 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	中矢 千城 (三菱製鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	池田 祐司 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	甘利 圭右 (平井)

【特集／新ランドマークを支える鉄鋼材料】

I. 新ランドマークに使われた新技術

- 建設構造用鋼材の技術史
.....JFEスチール(株) 廣田 実 2
- 東京スカイツリー®に使われた新技術
.....(株)日建設計 加賀美安男 5
- 東京ゲートブリッジの工事報告
一側径間トラスの大型起重機船3隻相吊りによる
大ブロッカー括架設..... 川田工業(株) 小玉 芳文 14

II. 新ランドマークに使われた鉄鋼製品

- 東京スカイツリー®の円形鋼管
.....JFEスチール(株) 廣田 実 20
- 東京スカイツリー®建設工事で使用された溶接材料
..... 日鐵住金溶接工業(株) 村田 義明 26
- 東京スカイツリー®に使用された
エレベータ用ワイヤロープについて
..... (株)テザックワイヤロープ 森野 徹 30
- エレベータ用軸受..... 日本精工(株) 傳寶 功哲 33
- 東京ゲートブリッジに用いた橋梁用高性能鋼材(SBHS)
..... 新日鐵住金(株) 田中 睦人 36

III. 会員メーカーの建設関連材料・技術

- ステンレス鋼構造物のエンジニアリング..... 愛知製鋼(株) 41
- 社会インフラの高耐久化に貢献する



あらゆる素材を次世代に向けて



ISO 9001 (全事業所)

ISO 14001 (特殊鋼部門)

JCSS
0088

は計量法に基づくトレーサ
ビリティ制度のロゴです。

流量—小流量国家認定事業者



特殊鋼・高合金・半導体装置

株式会社平井

<http://www.kk-hirai.co.jp/>

本社：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2丁目17番9号

TEL.03-3667-7311(大代表) FAX.03-3667-7341~4

営業所：所沢・北関東・名古屋・静岡 加工センター：所沢・北関東

システム事業部(半導体) システム事業部技術研究所

ステンレス鉄筋コンクリートバー『サスコン』

..... 愛知製鋼(株) 42

“特集”編集後記 日立金属(株) 加田 善裕 43

●一人一題：「趣味のこと」..... (株)UEX 岸本 則之 1

■業界の動き 44

▲特殊鋼統計資料 47

★倶楽部だより(平成24年12月21日～平成25年2月20日) 51

☆社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧 52

☆お知らせ 53

東京スカイツリーに関する知的財産は、東武タワースカイツリー株式会社等の著作権・商標権により保護されております。

特集／「新ランドマークを支える鉄鋼材料」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	加田 善裕	日立金属(株)	高級金属カンパニー 特殊鋼事業部 技術部長
委員	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	乙部 厚志	新日鐵住金(株)	棒線事業部 棒線技術部 棒線商品技術室 上席主幹
〃	本田 正寿	大同特殊鋼(株)	特殊鋼製品本部 自動車材料ソリューション部 主任部員
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム
〃	西 徹	日本冶金工業(株)	ソリューション営業部 課長
〃	柴野 芳郎	三菱製鋼(株)	技術管理部
〃	甘利 圭右	(株) 平井	常務取締役



ばね用・精密機器用
特殊鋼二次製品

いかに より お役に立つか

株式会社 **プルートス**

本社 〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-11-11
 ☎ 03-3861-0101 FAX 03-3863-6153
 東京営業所 ☎ 03-3766-6301 FAX 03-3762-8130
 北関東支店 ☎ 0282-86-6613 FAX 0282-86-6513
 前橋支店 ☎ 027-266-8361 FAX 027-266-8363
 仙台支店 ☎ 0224-55-1184 FAX 0224-57-1587
 新潟プルートス ☎ 025-260-7701 FAX 025-260-7812
 諏訪プルートス ☎ 0266-53-0775 FAX 0266-58-0104

「趣味のこと」

(株) U E X きし もと のり ゆき
代表取締役社長 岸 本 則 之



昨年2月の取締役会決議により4月1日付で社長に就任した。就任前後に業界関係紙のインタビューを受けた。新社長としての抱負について、これまでの経歴で最も印象深いこと、休日の過ごし方、趣味は何かと質問される。

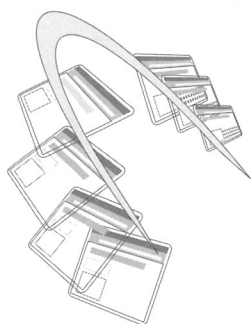
趣味として何と答えようか、迷った。まずは仕事抜きのゴルフ。休日は大日向CC、千葉CCで過ごすことが多い。ハンディ7。ゴルフ以外には何と答えようか？ 通勤時間などに歴史小説や警察小説、ミステリーなどを乱読しているが、「読書が趣味です」と言うには恥ずかしい。ゴルフしかないというのは格好悪い。何かないかと考えて、思い切って「実益を兼ねた趣味としてアマチュアプログラマです」と答えた。

Visual Basic for Applications (VBA)。マイクロソフト社製のパソコンソフトに搭載されているプログラミング言語である。パソコンは割と好きな方で、仕事で利用し、Excelはver2.1から、Accessはver1.1からのユーザーである。初期のExcelに搭載されていたのはVBAではなく、独自のマクロ言語であった。マクロシートに記述するが、はじめは何をするものか、さっぱりわからない。マニュアルと格闘しながら使ってみると定型的な一連の動作を自動化できる。更に発展させると、Excel上で動作させながら、ユーザーにExcelであることを感じさせない、アプリケーションとして完成させることまでできる。面白がって、自分用に仕事で役立つマクロを作っていた。

パソコンソフトは使い慣れたところにバージョンアップされる。Excel5.0が出たときには驚いた。折角覚えたマクロ言語が消えてなくなり、代わってVBAが搭載されていた。「何それ！」と思ったが、気を取り直してまたマニュアルと格闘しはじめた。そのうち仕様が拡張され、AccessやWordにも搭載されるようになった。仕事上の課題もVBAを使って解決できるのではないかと思い、マニュアル・参考書を見ながら取り組むと、最初は時間がかかったがほとんどのことができた。できると楽しい。課題を見つけてやり出すと、完成するまで夢中になりあっという間に時間が過ぎる。ゲームをやり始めると、最後までクリアするのに夢中になるのとはほとんど同じである。

職場で周りを見渡すと、データ整理、集計などに困っている人が目につく。頼まれたり、あるいは見るに見かねて、人に使ってもらうためのプログラムも作りはじめた。ところが他人が使う場合には思いもよらぬ操作をするので、それに備えた処理を記述すると、自分用のプログラムの何倍もの行数になる。手間もかかるが、人に使ってもらって実戦で役に立ち喜んでもらえると、それが楽しい。

一部の社内業務で私が作成したプログラムが今も現役で利用されている。社長になってからも、たまにキーボードをポチポチ叩いて、自分用のプログラムを作っている。



特集

新ランドマークを支える 鉄鋼材料

I. 新ランドマークに使われた新技術

1. 建設構造用鋼材の技術史

JFEスチール(株) 厚板セクター部 ひろ 田 実

我が国では粗鋼として年間約1億tの鉄が製造されており、普通鋼は2011年度に約7,000万t製造、その内約5,000万tが国内で使用されている。普通鋼の国内の分野別使用量を図1に示す。建設用としておよそ42%が使用されており、普通鋼利用の最大の分野である。

建築構造用鋼材の商品開発の変遷を、鉄骨加工量および粗鋼生産量の年度推移と併せ図2に示す。1980年代後半より高強度・高機能鋼材が多数

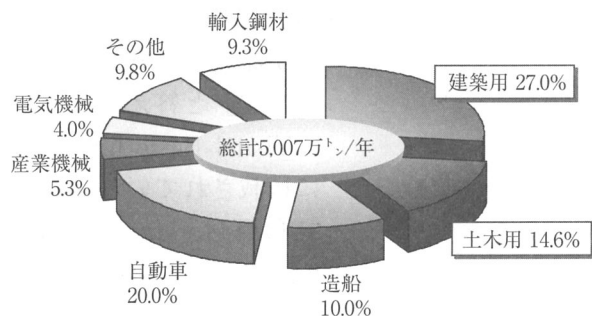


図 1 2011年度 普通鋼鋼材の国内需要の割合

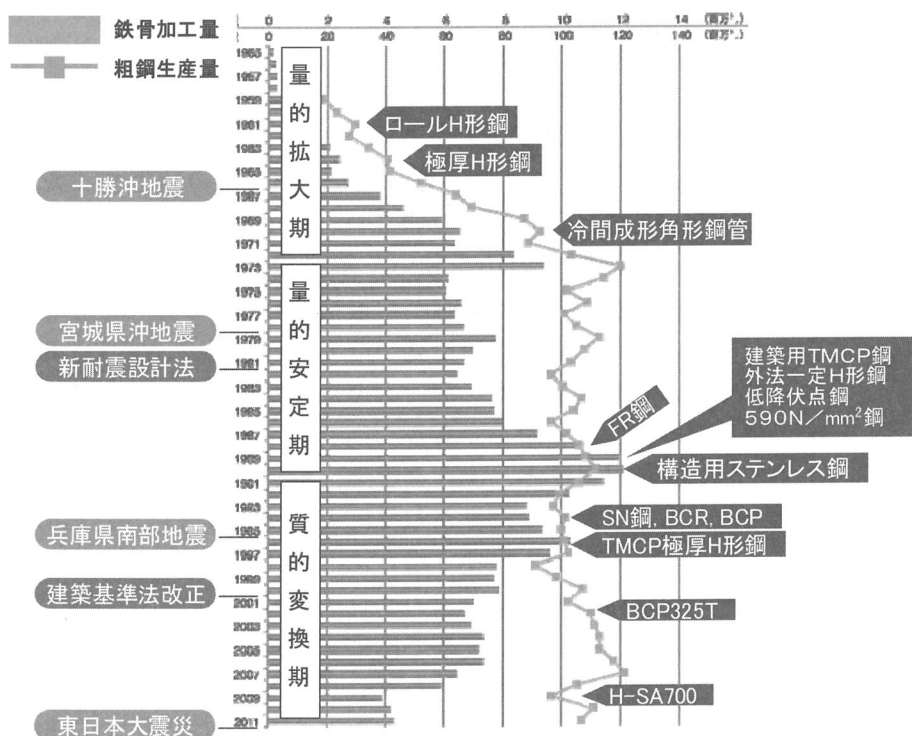


図 2 建築構造用鋼材の開発の変遷

商品化され、また、兵庫県南部地震以降、耐震用鋼材・超高強度鋼材が開発されている。

建築構造用鋼材の中で、耐震用鋼材の開発の方向性は大きく以下に分類される。

- ・高性能化（耐震性、溶接性、高寸法精度）
- ・高張力化（高強度化）
- ・極厚・大断面化
- ・低降伏点化（制震デバイス用）

1981年の新耐震設計法の導入により、従来の弾性設計に対し塑性設計の考え方が加わった。建築物の塑性変形性能を向上させるため、耐震用鋼材には、降伏点のばらつき低減化（狭レンジ化）、低降伏比化（降伏比YR：（降伏点）／（引張強さ））、が要求される。また、溶接部の脆性的破断を防止するため、鋼材の衝撃特性の確保と溶接性に影響する化学成分の規制、が要求される。これらの鋼材性能を網羅した鋼材がSN鋼（JIS G3136建築構造用圧延鋼材）であり、1994年JIS規格化、1995年各鋼材メーカーが認証を取得した。

高張力化に関し、降伏点440N/mm²級（引張強さ590N/mm²級）のSA440鋼材¹⁾が1996年に建設大臣（当時）認定を取得、以後、多くの超高層建築物を中心に採用されている。また、超高張力鋼と制震デバイスとの併用による、震度7弾性構造をコンセプトとした、府省連携プロジェクト「革新的構造材料を用いた新構造システム建築物」において、降伏点700N/mm²級（引張強さ780N/mm²級）のH-SA700鋼材²⁾が2009年に国土交通大臣認定を取得し、一部で採用が始まっている。

超高層建築物や大型建築物に使用する鋼材には極厚・大断面で高い強度を持ち、かつ、優れた耐震性と溶接性が求められる。一般の高張力鋼では板厚が増すに伴い、強度確保のための合金添加により、炭素当量が高くなり、溶接性が低下する。TMCP厚板は板厚40mmを超える極厚材でも炭素当量を上げることなく強度が確保できる鋼材である。制御圧延と制御冷却を併用した製造プロセス（TMCP：Thermo-mechanical Control Process）³⁾により、実現できている。

兵庫県南部地震以降、超高層建築物を中心に制震構造の建物が急増している。鋼材の弾塑性履歴により地震入力エネルギーを吸収する履歴型制震デバイス用の鋼材として、低降伏点鋼が開発されている。一般の鋼材と比較し、低降伏点鋼は降伏点および引張強さが低く、さらに伸び性能にも優れている。

耐震用鋼材の他に、新機能を付与した鋼材として、耐火鋼（FR鋼）がある。

耐火鋼は、一般の建築構造用鋼材に比べて、高温時の引張特性に優れており、鉄骨建築物の耐火性能確保に必要な耐火被覆を低減または省略することを目的とし、開発された鋼材である。無耐火被覆化により、鉄の素材感を活かしたデザインの実現が可能となった。

橋梁向けにも、本州四国連絡橋等、大スパン化を実現するため高強度鋼材が開発されている。図3⁴⁾に我が国の橋梁における最大スパンの推移と使用鋼材を示す。明石海峡大橋では、低予熱型の

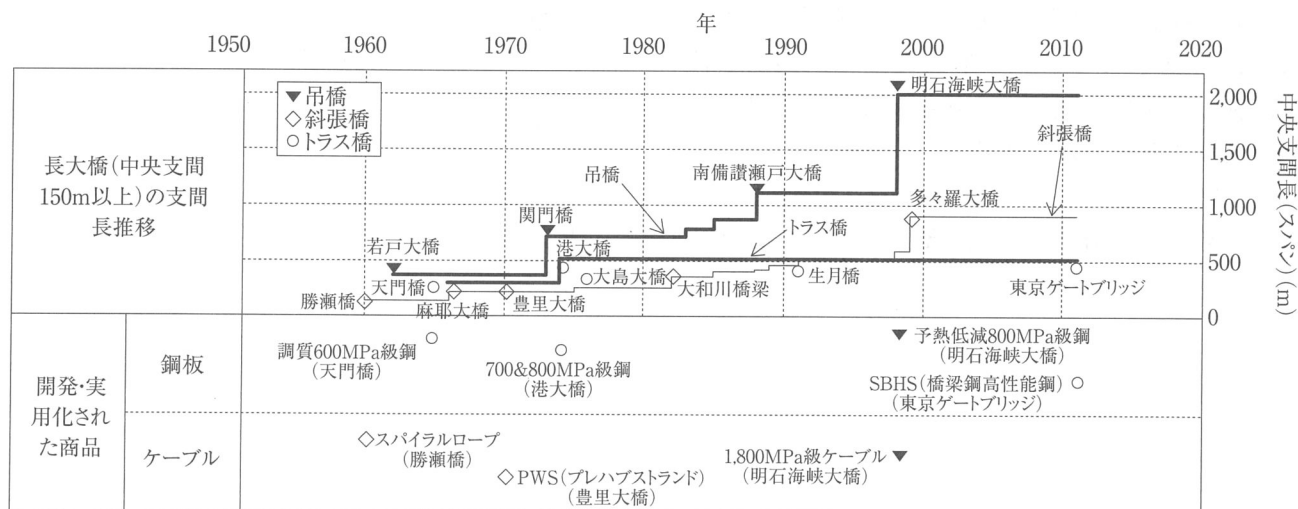
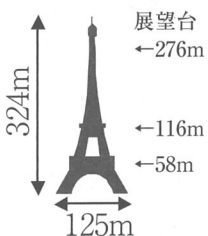
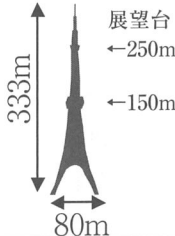
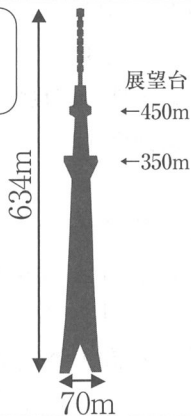


図 3 橋梁の最大スパンの推移と使用鋼材

表 1 タワーの変遷

	エッフェル塔	東京タワー	東京スカイツリー®
	製鉄法の進歩 「鉄」から「鋼」へ  展望台 ←276m ←116m ←58m 125m	鋼の高性能化 強度、靱性、溶接性、 加工性の向上  展望台 ←250m ←150m 80m	 展望台 ←450m ←350m 634m 70m
竣工年	1889年(明治22年)	1958年(昭和33年)	2012年(平成24年)
主材料	錬鉄	軟鋼(山形鋼)	高張力鋼(鋼管)
降伏点	100~200N/mm ² 程度	235N/mm ² 以上	400, 500, 630N/mm ² 以上
接合方法	リベット	リベット	溶接

溶接施工性を改善した引張強度800N/mm²級の厚鋼板が採用された。その後、鋼製橋梁の建設コスト縮減のため、産学連携研究プロジェクトの成果に基づき、橋梁用高性能鋼材SBHS⁵⁾が開発された。SBHSは、建築用の高強度鋼材同様にTMCP法を最大限に活用することで、高強度と良好な溶接施工性が両立できた。

橋梁用鋼材の中で、高強度以外の機能を付与した鋼材として耐候性鋼がある。耐候性鋼は、普通鋼に適量のCu、Cr、Niなどの合金元素を添加し、大気中での適度な乾湿の繰り返しにより表面に緻密なさびを形成する鋼材である。緻密なさびが鋼材表面を保護しさびの進展が時間の経過とともに次第に抑制されていく。耐候性鋼は、適切な設計、施工、維持管理により無塗装で優れた防食性能を発揮することができる。

エッフェル塔、東京タワーと東京スカイツリー®の主材料、接合方法の変遷を表1に示す。近年の

鋼材製造技術のめざましい進歩により、鋼材強度は5~6倍に上昇、溶接技術の発展により、高強度鋼材の溶接施工が可能となった。一方、目を橋梁に転じれば、2012年2月に供用開始された東京ゲートブリッジのトラス橋部分にSBHSが約半量採用され、トータル建設コスト縮減に大きく寄与した。

参考文献

- 1) (社) 鋼材倶楽部：建築構造用高性能590N/mm²級 (SA440) 設計・溶接施工指針、1996
- 2) (社) 新都市ハウジング協会、(社) 日本鉄鋼連盟、(社) 日本鋼構造協会：「革新的構造材料を用いた新構造システム建築物研究開発プロジェクト」成果報告書、2009
- 3) 鹿内伸夫、三田尾真司 ほか：JFE技報、NO.18、pp.1-6、2007
- 4) 菅野良一、辻井正人 ほか：新日鉄技報、NO.391、pp.57-66、2011
- 5) JIS ハンドブック②、鉄鋼Ⅱ 2012、JIS G 3140 橋梁用高降伏点鋼板、2012

2. 東京スカイツリー[®]に使われた新技術

(株) 日 建 設 計 か が み や す お
構造設計部門 構造技術室 加賀美 安 男

◇ 建設概要

地上波テレビ放送のデジタル化を契機とした新タワー建設構想は、2003年12月にNHKと在京民放5社が、高さ600m級のタワーが必要であるとして「在京6社新タワー推進プロジェクト」を立ち上げたことに始まる。

以下に、東京スカイツリーの構造概要を紹介する。

1. 東京スカイツリー概要

計 画 地：墨田区押上一丁目

高 さ：634m

事業主体：東武タワースカイツリー株式会社

設計・監理：株式会社 日建設計

施 工：株式会社 大林組

図1に敷地全体配置、図2に平面概要図を示す。

2. 設計用荷重と設計目標

634mという、過去にない高さを有するタワーの安全性を確保するために、様々な調査を実施した。例えば、高層の風観測のために、ラジオゾンデという希少観測気球を飛ばして、高層での風速分布を調べた。また、通常的地盤調査に加えて、微動アレイ調査という方法で地下3,000m程度までの深い地層構成を調査し、地震時の振動性状をより正確にシミュレーションしている。

これらの調査から様々な設計の工夫やその検証を経て、通常の超高層建築物の設計では想定しな

い地震や暴風に対して安全性を確認している。具体的には表1に示す通りレベル2の地震荷重及び

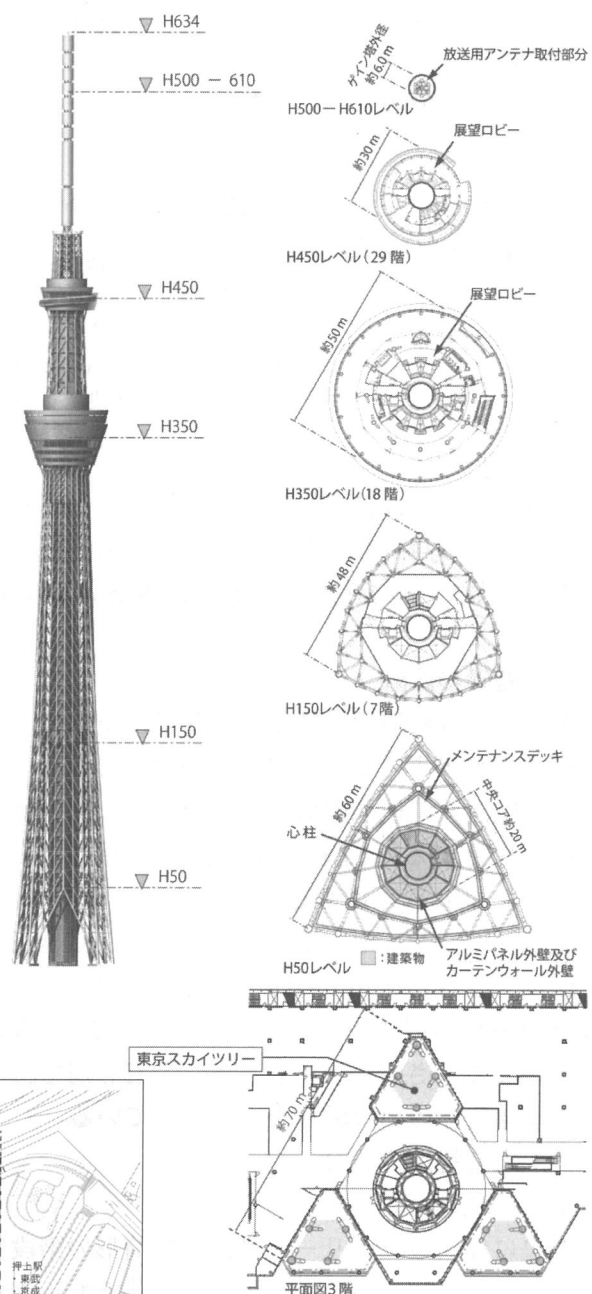


図 2 平面概要図

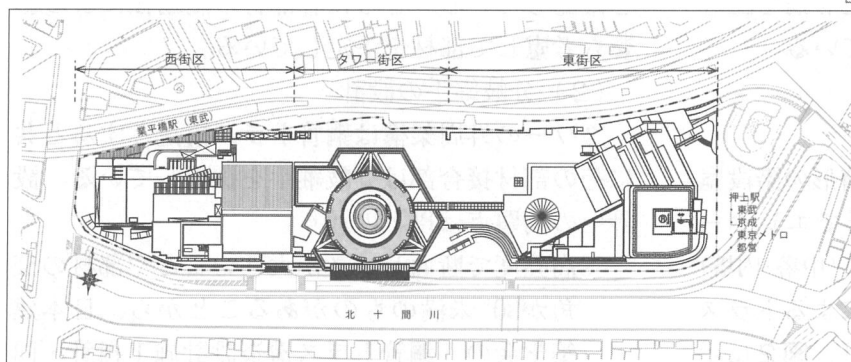


図 1 全体配置図

表 1 設計目標

入力レベル	損傷レベル
レベル1 地震（稀に発生する地震動） レベル1 暴風（再現期間100年）	無損傷
レベル2 地震（極稀に発生する地震動） レベル2 暴風（再現期間1350年）	ほぼ無損傷 （部材は弾性）
レベル3 地震 レベル3 暴風（再現期間2000年）	倒壊しない

表 2 採用地震波

入力レベル	採用地震波
レベル 1 地震 (稀に発生する地震動)	告示波 観測波
レベル 2 地震 (極めて稀に発生する地震動)	告示波 観測波 南関東地震 (M7.9…サイト波) 東海地震 (M8.0…サイト波実体波) 東海地震 (M8.0…サイト波LOVE波) 東南海地震 (M8.2…サイト波LOVE波) 南海地震 (M8.6…サイト波LOVE波)
レベル 3 地震	直近に震源を有する内陸直下型地震 (M6.9…サイト波)

風荷重に対して、接合部を除いて部材応力は弾性範囲内とする設計としている。設計で想定した地震波、暴風の平均風速は、表2、表3に示す通り。

3. 基礎の設計

タワーの計画地は、隅田川と荒川に囲まれた東京低地に位置しており、タワーの杭は、GL-35m以深の堅固な洪積砂礫層を支持層とし、高い耐力と剛性を有するRC連続地中壁杭と場所打ち杭からなる。足元部分は図3に示すようなRC連続地中壁杭とSRC連続地中壁杭からなる。SRC連続地中壁は、厚さ1,200mmの節付連続地中壁杭として大きな引抜き耐力をもたせ、先端位置をGL-50mとしている。さらに、壁杭内部にはH形鋼を配置して壁体自体の引張耐力を大きくしている。

4. 上部構造の設計

(1) 架構計畫

中央に鉄筋コンクリート構造の円筒形の階段室（心柱）を配置し、それを取り囲む形でエレベーターやEPS等を内包する鉄骨造のコア（中塔・内塔）が配置されている。その外側は鋼管によるトラス構造で形成されており、その平面形は、図2に示すように、足元の正三角形（1辺約68m）から高

表 3 想定暴風の平均風速

暴風の呼称	再現期間	基本風速相当の平均風速
レベル 1 暴風	100年	36.0m/s
レベル 2 暴風	1350年	42.5m/s
レベル 3 暴風	2000年	44.7m/s

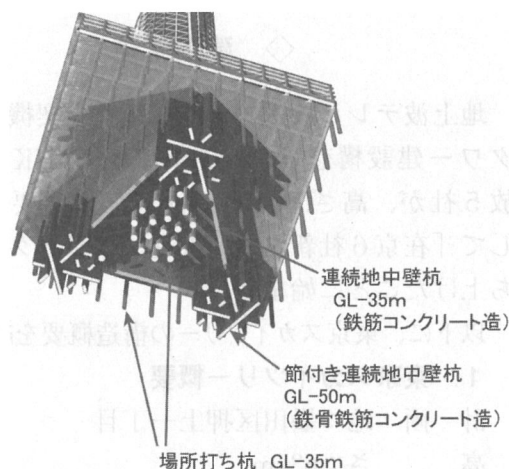


図 3 連続地中壁杭 (RC+SRC)

さ315mで円（正確には正24角形）に変化する。

足元の正三角形の隅の部分には、4本の主材からなる鼎トラスとよばれるトラスを配置するとともに、水平構面（リングトラス）でこのトラスを連結する構造となっている。水平構面は12.5mから5mごとに各層に配置されるとともに、中塔とは2層ごとに連結されて構造物としての一体性を確保している。架構の概要を図4に示す。水平構面を形成する部材は主に冷間成形角形鋼管で接合部には耐候性高力ボルトを使用している。

地震力及び風荷重に対しては主に鼎トラス及び外周架構（外塔）で抵抗する。また、固有値解析により全体座屈の可能性を検討し安全であることを確認している。さらに各部材の渦励振による影響も考慮して部材を決定している。

(2) 分岐継手の設計

タワーの外周架構は鋼管トラス構造とすると共にその部材接合部は分岐継手を採用している。設計上の問題点は以下の通り。

①高強度で断面サイズが大きいことや部材の交角が30°未満のものがあることから、日本建築学会の「鋼管トラス構造設計施工指針・同解説」だけで設計することに問題がある。

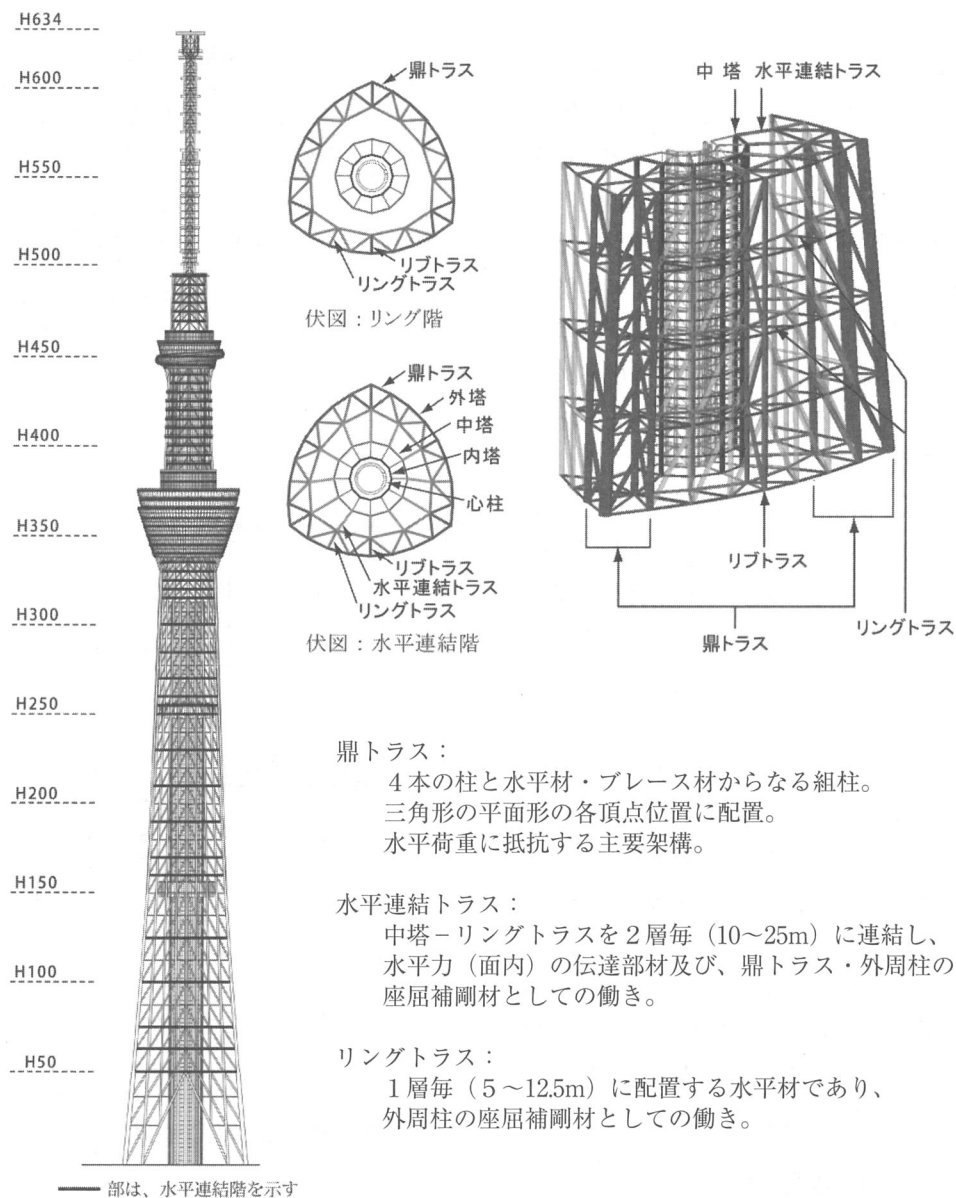


図 4 架構の概要

- ②平面継手だけでなく立体継手が数多くある。
- ③地震時には主材の軸変形が支配的な架構であることから、せん断力と転倒モーメントを一意に定義できる静的な設計地震荷重が定義しにくい。（風荷重に関しては一次モードが支配的であるため定義可能）
- ④多くの部材が一つの分岐継手に連結されることから、分岐継手にとって最も不利な応力状態が層としての応答せん断力が最大となる時とは必ずしもいえない。
- ⑤軸力だけでなく曲げモーメントも同時に作用することから両方を考慮した設計が必要である。

上記の問題点に対し、設計では、API (American Petroleum Institute) 基準、AIJ (日本建築学会) 基準及びFEM解析の3つの方法を併用しながら検討を進めた。API基準の適用に際してはY、K、X継手の寄与率を定義するとともに時刻歴解析に基づいて各ステップでIR値（軸力及び曲げを考慮して安全性を示す指標）をもとめ、その値が所定のクライテリアを満たすことを確認した。また立体継手に関しては、ある方向について平面継手としてのIR値が最大値を示す時の立体的な応力状態に関してFEM解析を実施して安全性を検証した。その結果を参照しながら、立体継手のそれぞれ方向のIR値（平面継手として求めたIR値）は0.6以下

とした。

分岐継手の溶接部の設計は以下に示す考え方で行った。分岐継手の溶接部には、その形状に依存した応力が作用する。従って、厳密にその応力を計算するためには、その接合部に集まる部材の直径、板厚、交差角などが異なるすべての接合部に対してFEM解析を行なう必要が生じる。実務設計上それは困難であるため、設計では、交差角 θ 、管径比 β 、主管径厚比 D/t をパラメータとしたFEM解析（シェルモデル 3×9 ケース）を行って、支管軸応力度（N/A N：支管軸力、A：支管断面積）の増加率を計算した（図5）。また、支管円周角 ρ とDIHEDRAL ANGLE（支管円周角の位置における支管と主管のなす角） ψ の関係を図6に示す。このDIHEDRAL ANGLEに対応して、交差角 θ 、管径比 β に応じたのど厚を定める。

（3）心柱制振

本タワーでは、中央部に配置した心柱とその外側の鉄骨造部分を構造的に切り離し、別々の挙動をさせることで、それぞれの部分に作用する地震力を互いに打ち消すねらいのあるシステムを採用し、地震時の応答低減を行っている。この制振システムを心柱制振と名付けている。心柱という名称は日本の伝統建築である五重塔からとっており、その柱が周囲の屋根を支持する柱梁架構からきり離されていることに由来している。

◇ 使用鋼材

タワーには、大断面かつ高強度の鋼管部材が必要となった。一方で、鋼管用鋼板製造上の寸法の制約や工場から工事現場への運搬の制約から、分割した部材を工事現場で溶接接合するため、優れた溶接性が要求された。タワーの鋼管トラス主要

- ①交差角 θ 、管径比 β 、主管径厚比 D/t に対応した応力増加率を算出（FEM解析結果）
- ②円周角 ρ をパラメータとして、 θ 、 β 、 D/t から、応力増加率が求まる3次元関数式を定義
- ③支管円周角 ρ に対する、DIHEDRAL ANGLE Ψ を算出
- ④のど厚の計算
- ⑤設計のど厚と比較（円周角10度ごとにチェック）

$$\frac{\text{軸応力} \times \text{応力増加率}}{\text{必要有効脚長係数} F \times \sqrt{3}} \leq \frac{\text{設計のど厚}}{\text{板厚（隅内部）}}$$

$$\frac{\text{軸応力} \times \text{応力増加率}}{\text{必要有効脚長係数} F} \leq \frac{\text{設計のど厚}}{\text{板厚（自然開先部）}}$$
- ⑥判 定

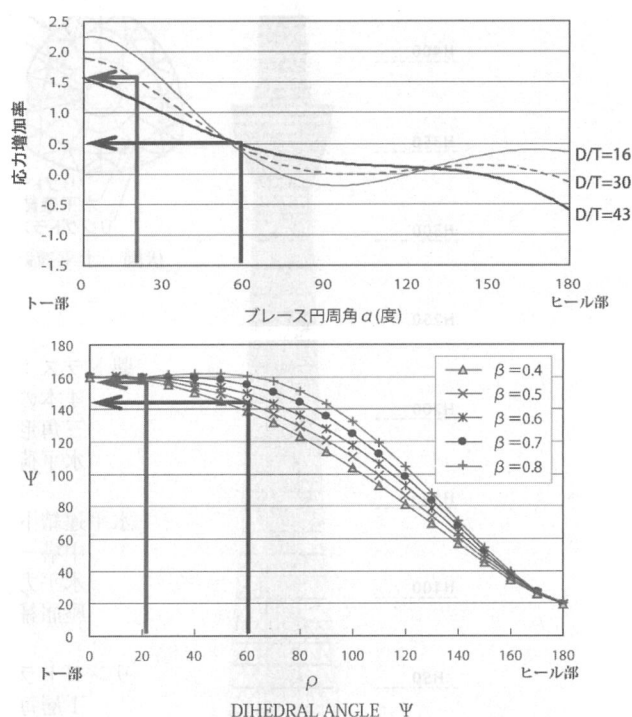


図 5 分岐継手部のど厚の検討フロー

部材に使用した鋼材を表4に示す。

1. 鋼管の寸法精度

タワーに用いた大径鋼管は、大臣認定（鋼管のJIS規格と同じ）の寸法精度及び許容差をそのまま適用すると、鉄骨製作上、JASS 6の鉄骨製品の

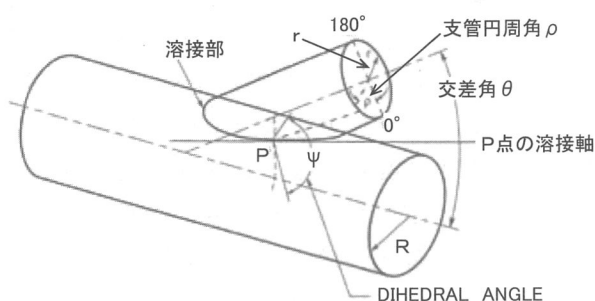


図 6 支管円周角 ρ とDIHEDRAL ANGLE Ψ の関係

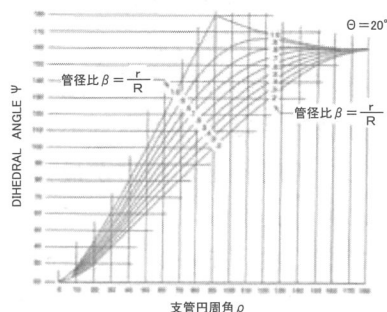


表 4 鉄骨材料の使用部位及び板厚

部位	ゾーン	外径×板厚 (mm)	鋼材の降伏点	形状
柱材	鼎トラス	P-711.2φ×28~2,300φ×100	325、400、500N/mm ² 級	円形鋼管
	外塔	P-1,100φ×25~1,016φ×60	325、400、500N/mm ² 級	
	ゲイン塔	P-900φ×25~1,200φ×80	325、400、500N/mm ² 級 630N/mm ² 級	
斜材	外塔	P-508φ×16~1,000φ×60	235、325N/mm ² 級	
	ゲイン塔	P-300φ×22~500φ×22	325、400、500N/mm ² 級	
水平材	外塔、鼎トラス	P-267.4φ×12~609.6φ×16	325N/mm ² 級 (一部SCN590B-CF)	角形鋼管
	水平連結トラス リングトラス	BX-300×300×9×9~500×500×12×12	325N/mm ² 級 (STKR490、BCP325)	

表 5 PB鋼管径の許容差

規格	外径	板厚						A社			B社		
								造管法	目標許容差 (mm)	保証許容差 (mm)	造管法	管理許容差 (mm)	限界許容差
YP630	φ1,200	80						PB	±4.5	±6.0	—	—	—
	φ1,200	60						PB	±3.5	±5.0	PB	±3.0	±5.0
YP500	φ2,300	100						PB	±6	±10	PB	±5	±5
	φ1,800	80						PB	±5	±8	PB	±5	±6.5
	φ1,400	60	50					PB	±4	±7	PB	±5	±5
	φ1,200	60	50					PB	±3.5	±5.5	PB	±3	±3
	φ1,000	60	55	50	45	40		PB	±3	±4	PB	±3	±3
YP400	φ1,900	50						PB	±5	±8	PB	±5	±7
	φ1,500	50						PB	±4	±7	PB	±5	±5.5
	φ1,300	55	40	32				PB	±3.5	±5.5	PB	±4.5	±5
	φ1,000	60	50	40	36	32		PB	±3	±4	PB	±3	±3

寸法精度を満足しないことが想定されたため、鋼管の寸法精度については、造管メーカー毎に本プロジェクト用鋼管径の許容差を設定し製造した。造管メーカーにより若干異なるが、UOE管及びERW管はJIS規格通りの寸法許容差としたが、PB管に対してはさらに厳しい許容差を設定した。その許容差の例（2社分）を表5に示す。

鋼管同士の直管継手部における告示1464号の食い違いの対応は、個別の検討を行い、食い違い管理値を設定した。

2. 鋼材の機械的性質

タワーに採用した規格降伏点400N/mm²以上の鋼管は、タワーのために大臣認定を取得した鋼管である。建築物の実工事では初採用であり、本工事に先立ち、鋼管材料としての性能を確認するため、鋼管シーム溶接部を含めた鋼管材料確性試験を行い、鋼管性能の確認をしている。

タワーに用いた高強度高降伏点鋼管の大臣認定取得時の機械的性質を表6に示す。いずれも造管後の規格降伏比は95%（一部90%）以下である。

鋼管の機械的性質の応力－ひずみ関係から降伏比と一様伸びについて確認した。

規格降伏点400N/mm²鋼管（YP400鋼と称す）では、板厚は19≤t≤70、径厚比は10≤D/t≤40である。規格降伏点500N/mm²鋼管（YP500鋼と称す）では、板厚は25≤t≤100、径厚比は20≤D/t≤32である。一部の造管メーカーでは、熱処理を施したのも含んでいる。

鋼管の降伏強度（0.2%オフセット耐力）と降伏比の関係を図7に示す。降伏強度が高くなるほど降伏比が高くなる傾向があるが、同じ降伏強度の中での降伏比のばらつきは大きい。鋼管の降伏強度と一様伸びの関係を図8に示す。一様伸びは、引張強度σ_uの99%耐力時のひずみε_{u99}と最大耐

表 6 鋼材の機械的性質（大臣認定）

鋼種	メーカー	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	降伏比 %	伸び %	シャルピー 吸収エネルギー J/cm (0℃)
YP630	新日鉄	700～900	780～980	95以下	16以上	47以上 (－20℃)
	神戸製鋼	630≤	780～930	90以下	16以上	47以上
	JFE	630～880	780～930	95以下	16以上	47以上
	住友金属	630～880	780～930	95以下	16以上	47以上
YP500	新日鉄	500～700	590～740	95以下	20以上	70以上
	神戸製鋼	500～700	590～740	95以下	20以上	70以上
	JFE	500～700	570～740	95以下	20以上	70以上
	住友金属	500～700	590～740	95以下	20以上	70以上
YP400	新日鉄	400～600	490～640	95以下	23以上	70以上
	神戸製鋼	400～600	490～640	95以下	23以上	70以上
	JFE	400～600	490～640	95以下	23以上	70以上
	住友金属	400～600	490～640	95以下	23以上	70以上

力到達後の99%耐力低下時のひずみ ε_{u99}^+ の平均値と定義した。これは、一様伸びの測定結果は技術的に変動しやすいことを考慮した文献¹⁾ になったものである。また、99%耐力時のひずみ ε_{u99} としたのは、一部の試験で最大耐力到達後98%耐力低下までひずみの計測をしていないものがあるためである。98%耐力低下時のひずみ ε_{u98} まで測定した試験片を対象に ε_{u99} と ε_{u98} を比較すると、YP500材は同等で、YP400材では、 $\varepsilon_{u99} < \varepsilon_{u98}$ となっているので、 ε_{u99} を対象に検討することで設計上安全側と考えている。

3. 溶接材料

溶接材料の選定に当っては、本工事に用いた高降伏点鋼管鋼材においては、鋼材の引張強度で溶接材料を決定する従来の考え方では、母材の降伏強度と溶接部の降伏強度が逆転する可能性があるため、鋼材と溶接材料の組合せにより溶接条件及び溶接姿勢を考慮した溶接性確性試験を実施し、WPS（溶接施工要領）を確定した上で本工事の溶接施工及び管理にあたった。高強度鋼材については、溶接部の確性試験に先立ち、予熱条件を設定した。

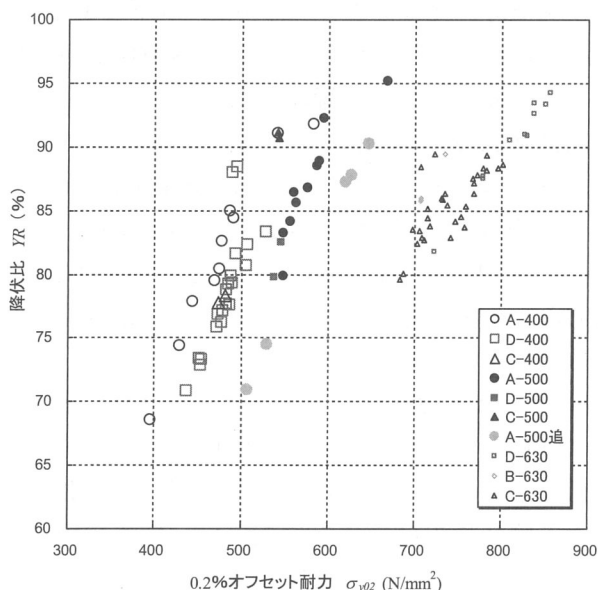


図 7 鋼管の降伏強度と降伏比¹⁾

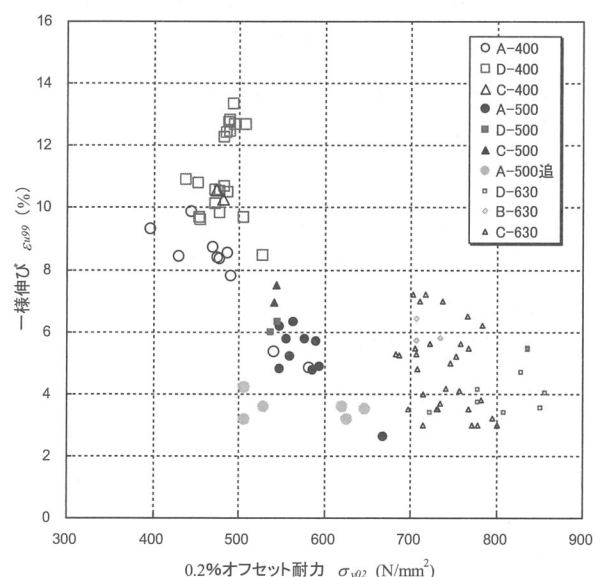


図 8 鋼管の降伏強度と一様伸び¹⁾

高強度鋼材の予熱条件は、y形溶接割れ試験結果とCENによる予熱温度算定結果を考慮して決定した。y形溶接割れ試験は、鋼材メーカー毎に最大板厚に対し、ソリッドワイヤ及びフラックス入りワイヤについて実施した。y形溶接割れ試験では、溶接材料の拡散性水素量が試験結果に大きく影響することから、y形溶接割れ試験実施時に溶接材料の拡散性水素量を確認している。同時に、CENによる予熱温度の算定を行い、y形溶接

割れ試験結果と合わせて予熱条件を決定した。

鋼材メーカー毎、溶接材料毎、板厚毎に設定した予熱条件を表7に示した。CENによる予熱温度は、鋼材の化学成分、溶接時入熱及び溶接材料の拡散性水素量により求まるので、CENにより予熱温度が決定された溶接条件は、y形溶接割れ試験に用いた鋼材 P^{CM} （表8）と実工事の使用鋼材の P^{CM} を照合して溶接施工を進めた。

本工事に先立ち、鋼管材料の確性試験と同時に

表 7 鋼材の予熱温度と溶接材料

(1) 周継ぎ溶接

鋼種	工区 (ミル)	使用ワイヤ	板厚					
			$t < 32$	$32 \leq t < 50$	$50 \leq t < 75$	$75 \leq t$	設定根拠	P^{CM} 管理
YP630	(A)	YM-60C			75 (71)	75 (73)	y 割れ試験	無し
	(B1)	YM-60C			75 (99)		y 割れ試験	無し
	(B2)	YM-60C			75 (70)	75 (87)	y 割れ試験	無し
	©	YM-60C			75 (99)		y 割れ試験	無し
YP500	W1 (A)	YM-60C	予熱なし	4	23	34	CEN	≤ 0.209
	W2 (B1)	YM-60C	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ試験	無し
	W2 (B2)	YM-60C	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ試験	無し
	W3 (C)	YM-60C	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ試験	無し
YP400	W1 (A)	YM-55C (Y)	予熱なし	予熱なし	予熱なし	6	CEN	≤ 0.212
	W2 (B)	YM-55C	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ試験	無し
	W3 (C)	YM-55C (Y)	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ試験	無し
	W3 (D)	YM-55C (Y)	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ試験	無し

(2) 相貫溶接

鋼種	工区 (ミル)	使用ワイヤ	板厚				設定根拠	P^{CM} 管理
			$t \leq 45$	$t = 50$	$t = 60$	$t = 80$		
YP630 + YP500	(A)	DW-60D			50	50	y 割れ試験	無し
	(B)	DW-60D			50		y 割れ試験	無し
	(C)	DW-60D			50	50	y 割れ試験	無し
	(D)	DW-60D			75		y 割れ試験	無し
YP500 + YP500	(B)	DW-60D			41		CEN	確認要
	(C)	DW-60D	28	42	53		CEN	確認要
YP500 + YP400	W1 (A)	SF-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ結果	無し
	W2 (B1)	SF-55				予熱なし	CEN式	≤ 0.203
		SF-55 (T)				予熱なし	y 割れ結果	無し
	W2 (B2)	SF-55	25℃	25℃	25℃	25℃	y 割れ結果	無し
		SF-55 (T)	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ結果	無し
	W3 (C)	DW-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ結果	無し
YP400 + YP400	W3 (D)	SF-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	y 割れ結果	無し
	W1 (A)	SF-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ結果	無し
	W2 (B2)	SF-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし		CEN	≤ 0.209
		SF-55 (T)	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ結果	無し
	W3 (C)	DW-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ結果	無し
	W3 (D)	SF-55	予熱なし	予熱なし	予熱なし		y 割れ結果	無し

表 8 y形溶接割れ試験鋼材の P^{CM}

規格	メーカー	板厚mm	P^{CM} (%)
YP400	A	60	0.212
	B	60	0.159
	C	60	0.154
	D	60	0.173
YP500	A	100	0.209
	B	80	0.224
	C	100	0.232
YP630	A	80	0.292
	B	60	0.273
	C	80	0.282
	D	80	0.264

溶接性確性試験を行った。柱材の直管継手は、工場溶接と工事現場溶接であり、溶接姿勢は下向き及び横向きを考慮して行った。工事現場における斜材及び水平材の直管継手は、全姿勢での溶接となり溶接条件が変化するため、これを考慮した確性試験を行い、全ての溶接姿勢の溶接部において所定の機械的性質を満足することを確認した。

◇ 鉄骨建方計画

- 鉄骨建方計画の主なステップを図9に示した。
- STEP1：タワー低層棟4階屋根を荷取場として、荷揚げ用3基のTCをクライミングしながら375mまで建方。
- STEP2：天望デッキ建方後、地上からの荷揚げ用TC2基とし、375m以上の建方は天望デッキ屋根を中継点とし、天望デッキ屋根に設置したTC2基で建方。
- STEP3：375m以上の建方を行いながら、地上にてゲイン塔を組立、順次リフトアップ。
- STEP4：ゲイン塔の組立完了後鉄骨階段を取付けて、塔体の497mまでと天望回廊の建方完了に合わせて順次ゲイン塔をリフトアップ。
- STEP5：495mにて放送用アンテナを取付けながらゲイン塔を順次リフトアップ。
- STEP6：ゲイン塔をリフトアップした後のスペースで、スリップフォームを使って高さ375mまで心柱を施工。

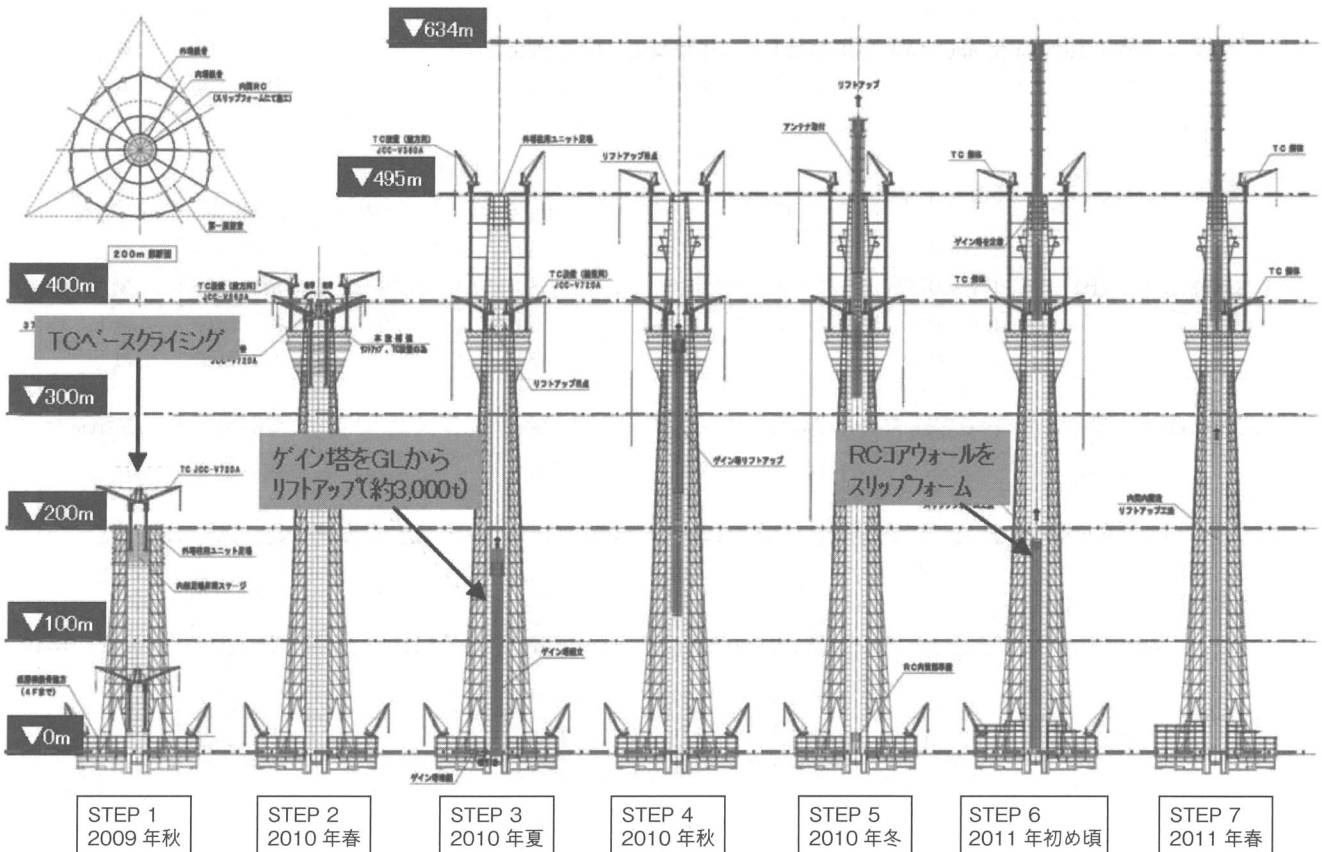


図 9 鉄骨建方計画

STEP7：ゲイン塔にアンテナ取付け工事を行いながら634mまでリフトアップ後、塔体とゲイン塔の定着（470mから495m）工事を実施。

むすび

日本の新たなランドマークとしての東京スカイツリーの構造概要を紹介するとともに東京スカイツリーに採用された鋼材性能等を紹介した。紙面

の都合で紹介できなかったが、この他にも前人未到の高さでの鉄骨工事の施工技術も忘れてはならない。東京スカイツリーに採用された新たな技術が、更なる日本のランドマーク建設の技術の躍進に繋がることを期待する。

参考文献

- 1) 青木博文、加藤勉、丁峰：高炉厚板鋼板の機械的性質と応力－ひずみ関係の数式表示、日本建築学会構造系論文報告集、第398号、pp73-85、1989年4月



3. 東京ゲートブリッジの工事報告

—側径間トラスの大型起重機船3隻相吊りによる大ブロック一括架設—

川田工業(株) 橋梁事業部 小 玉 芳 文

まえがき

東京ゲートブリッジは中央防波堤外側埋立地から東京都江東区若洲を結ぶ東京港臨海道路Ⅱ期事業で計画されている海上部に架かる橋梁である。

この事業による効果として、現在混雑している青海縦貫道路の交通量が約3割低減でき、中央防波堤外側埋立地から新木場までの移動時間が約4割短縮することにより、年間約300億円の経済効果が見込まれている(図1)。

東京ゲートブリッジの架設地点は、東京国際空港の空域制限下のエリアとなり飛行機が飛ぶことによる高さ制限がある。また、桁下には東京東航路があり船舶が航行するための高さおよび幅が必要となっている。通常、このような規模の橋梁形式は吊橋や斜張橋が選定されるが、このような条件からトラス・ボックス複合橋が採用された(図2)。

◇ 橋梁概要

東京ゲートブリッジの主橋梁部となるトラス・ボックス複合橋の橋梁概要は以下のとおりである。

形 式：鋼3径間連続トラス・ボックス複合橋

橋 長：792.0m

支 間：160.0m + 440.0m + 160.0m

総 幅 員：21.0m (弦材中心 = 22.3m)

有効幅員：18.5m (車道部15.5m、歩道部3.0m)



図 1 位置図

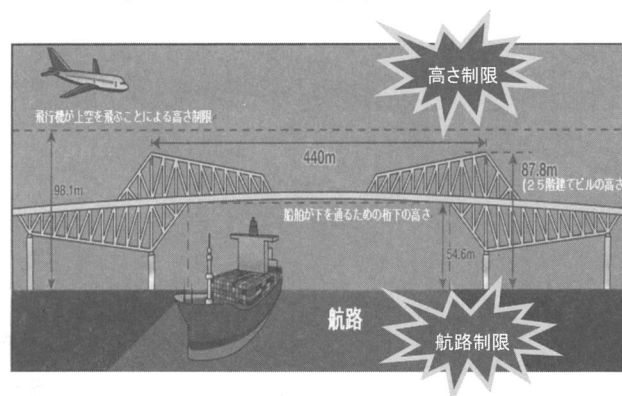


図 2 橋梁形式の選定

最大支間長440.0mは、大阪港に架かる港大橋(最大支間長510.0m)に次ぐ、日本国内2番目とな

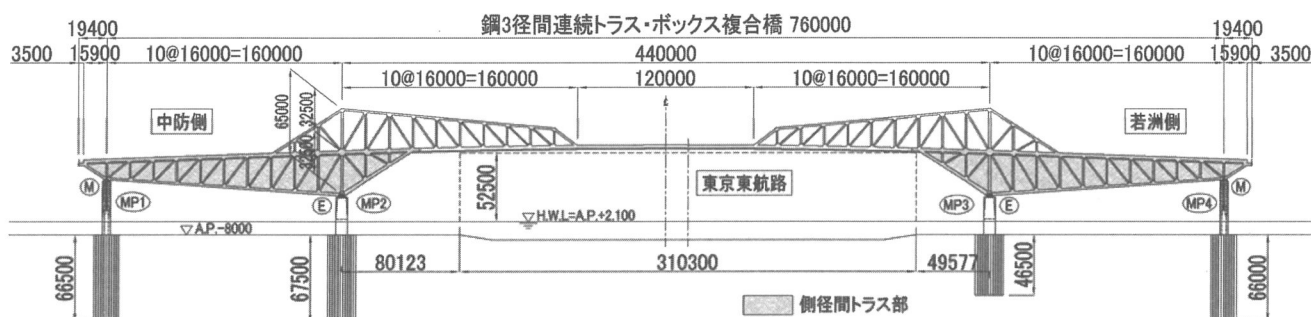


図 3 橋梁一般図

るトラス橋である（図3）。

図3の着色部分が側径間トラスと称し、この部分を大型起重機船3隻相吊りによる大ブロック一括架設を行った。

本橋の大きな特徴は、以下の通りである。

○トラス・ボックス複合橋梁

○BHS鋼（Bridge High-performance Steel）の採用

○トラス主構造の全断面現場溶接継手における「Z継手」の採用（写真1）

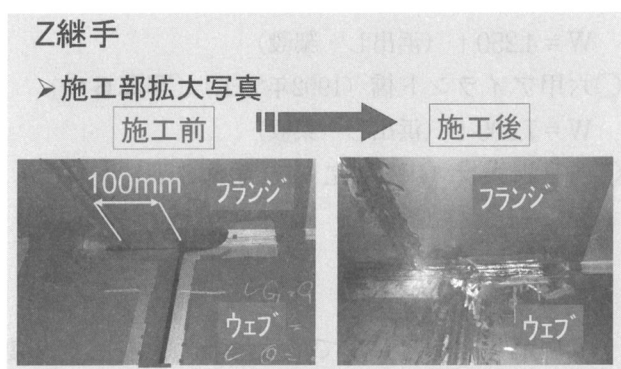


写真1 Z継手

段違い継手

➤鋼床版 段違い継手 溶接施工試験状況

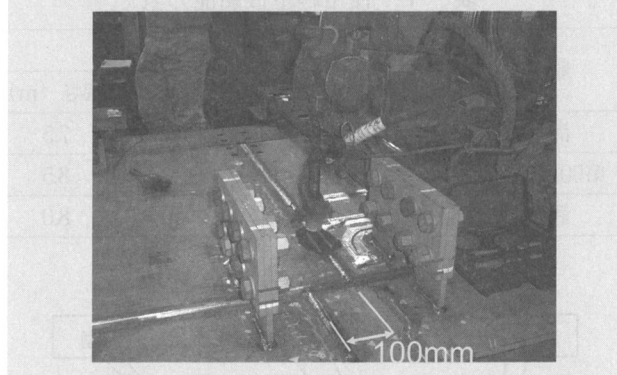


写真2 段違い継手

○鋼床版現場溶接継手における「段違い継手」の採用（写真2）

○3,700 t～4,100 t吊の大型起重機船3隻による相吊一括架設

◇ 側径間トラスの地組立

側径間下部トラスの地組立は、トラス下弦材格点部にベント設備を設置し、トラス部材はクローラークレーンによる単材地組立、鋼床版は工場で2パネルのブロックに組立て、ヤードで起重機船（以下、FC）によるブロック架設の方法で行った。トラス部材の地組立はパネル毎のサイクル施工で、中央より外側に向かい地組立を行った（図4）。

ベント設備は1主構当り16箇所、全32箇所の基数で最大高さは37mを超え、最大ベント反力は約580 tになる。

地組立用クレーンとして750 t吊・500 t吊及び300 t吊のクローラークレーンを使用してトラス部材の地組立を行った（写真3）。トラス部材は全体で約3,500 t、最大部材長さが約30m、最大部材重量は約85 t（中間支点部）となっている。トラス部材組立後、工場にて地組立された鋼床版ブロ



写真3 地組立状況（下弦材地組立）

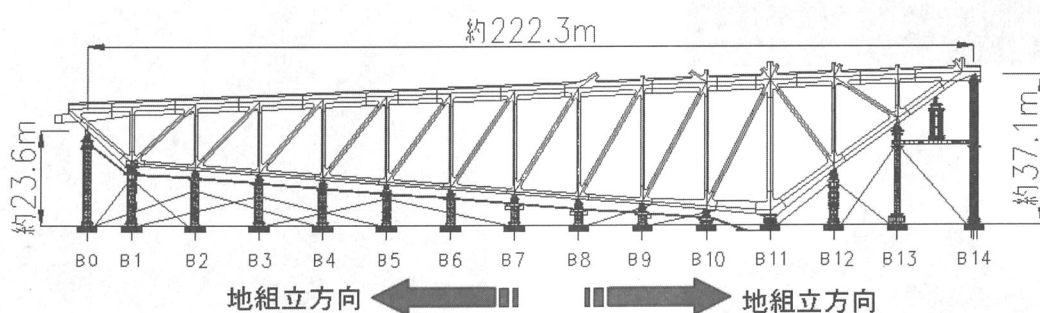


図4 側径間トラスの地組立図

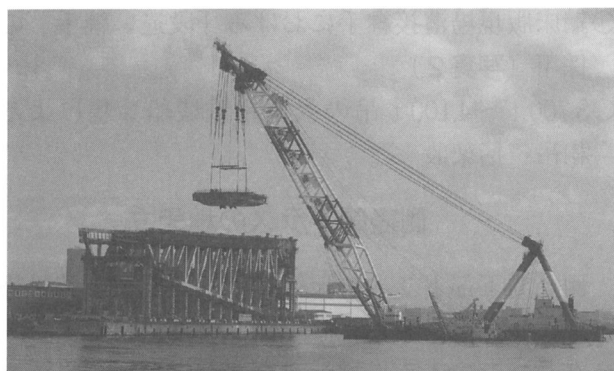


写真 4 鋼床版ブロック架設状況

ックを台船で海上輸送し、1,400 t 吊FCで吊上げトラス桁に組み込み架設を行った（写真4）。鋼床版ブロックは8ブロックあり、1ブロックが長さ32m、幅20m、高さ3.5mの大きさで、最大重量は約410 tである（写真5）。

◇ 大型起重機船3隻相吊りによる 浜出し・架設

1. 過去の事例

大型起重機船3隻相吊りによる浜出し・架設は過去に3件しか実績がなく、今回が16年振りとなる。

○荒川湾岸橋（1975年完工）（写真6上）

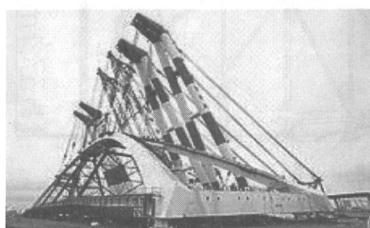


写真 6 過去の事例

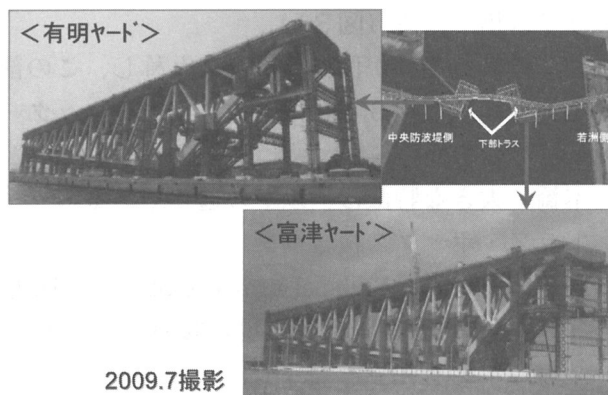


写真 5 地組立完了

W≒4,250 t（浜出し・架設）

○六甲アイランド橋（1992年完工）（写真6中）

W≒7,800 t（浜出し・架設）

○西宮港大橋（1994年完工）（写真6下）

W≒8,100 t（浜出し）

2. 使用船舶

（1）起重機船

大型起重機船は日本で最大吊能力を有した3隻を使用した。（表1、写真7）

（2）台船

側径間トラスを地組立場所から架設地点までの

表 1 使用起重機船能力表

船名	吊能力	船体寸法		
		長さ (m)	幅 (m)	深さ (m)
海翔	4,100 t 吊	120	55	7.5
第50吉田号	3,700 t 吊	110	50	8.5
武蔵	3,700 t 吊	107	49	8.0

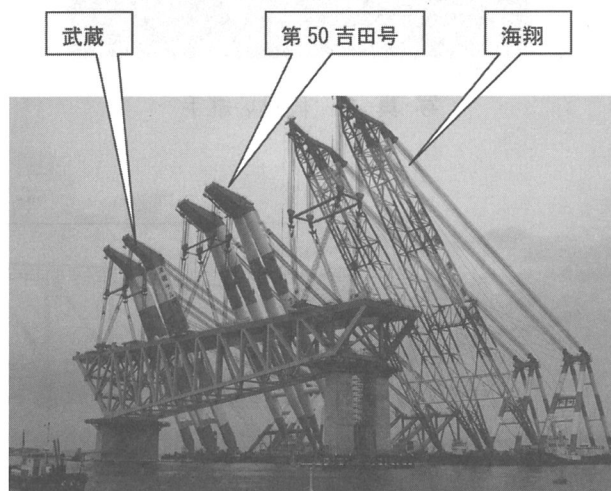


写真 7 使用起重機船

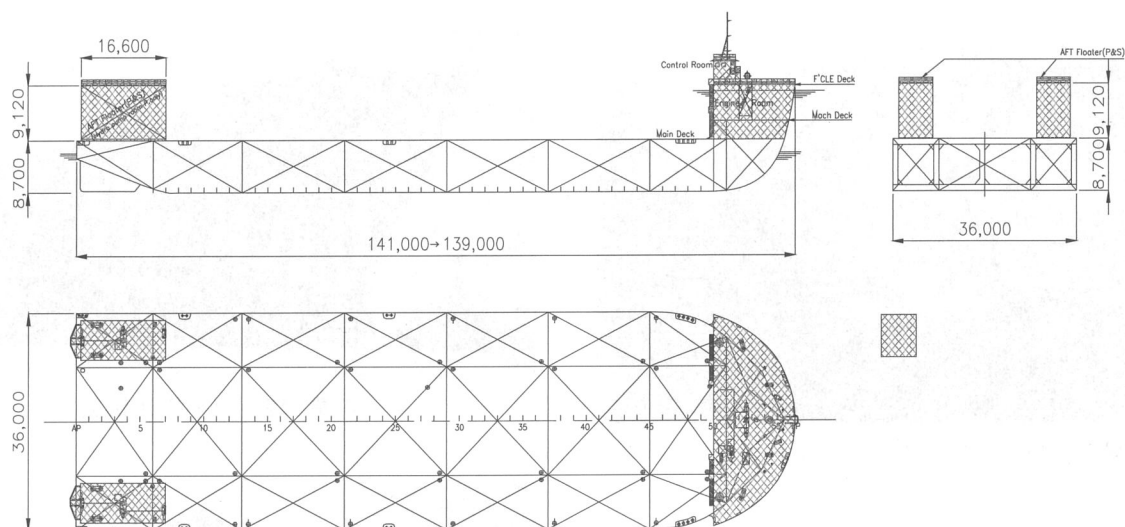


図 5 台船一般図



写真 8 台船改造（切断撤去）前



写真 9 台船改造（切断撤去）完了

海上輸送に使用した台船は24,000 t 積台船（船名：オーシャンシール）で、この台船は半潜水式となっており、船首側にフォクスルデッキ、船尾側にフローターがあり、大ブロックを搭載するのに斜線部分が支障となるため切断撤去し輸送完了後、復旧した（図5、写真8、写真9）。

3. 浜出し

陸上部で地組立した側径間トラスを台船に積込む浜出し作業は以下の手順で行った。

①FC巻上げ（約1 m）

〈地切り後、約1 mでベント受点補修塗装〉

②FC巻上げ（約15 m）（写真10）

③FC後退（約100 m）

〈FC 3 隻の平面位置が相対差 1 m 以上とならないように微調整しながら後退する。同調と間隔保持のため、FC間にスパーサー台船及びクロスワイヤーを設置する。〉

④FC後退後、台船をFC前面に入域・係留

⑤FC前進（約55 m）

⑥台船に大ブロック搭載、ラッシング

〈約6,800 t の大ブロックをそのまま台船に搭載すると、その重量で船体が折れてしまうため、台船内に約9,000 t のバラスト（海水）を



写真 10 浜出し状況



写真 11 台船に大ブロック搭載完了

注入して変形を調整する。〉(写真11)

4. 海上輸送

24,000 t 積台船に搭載した側径間トラス大ブロックを地組立場所から架設地点まで4,000ps級の曳船4隻で曳航した(写真12)。

5. 架設

架設地点では東京東航路を一部閉鎖(航路幅300mを最小190mに縮小)して、海上に航泊禁止区域を設け、一連の作業を実施した(写真13)。

航泊禁止区域の設置期間はFCの入域から出域までの期間とし、中央防波堤側が6日間、若洲側で7日間東京東航路を一部閉鎖した。

大ブロック一括架設は以下の手順で行った。

- ①架設地点から約70m後方にFC3隻及び台船に係留
- ②台船から大ブロック水切り、受点補修塗装
- ③FC巻上げ(約15m)
- ④FC後退(約45m)
- ⑤台船出域
- ⑥FC前進(約115m)



写真 14 大ブロック架設状況



写真 12 海上輸送状況



写真 13 海上輸送状況(架設地点入域)

⑦FC巻下げ、大ブロック橋脚上に架設(写真14、写真15)

むすび

側径間トラスの大型起重機船3隻相吊による大ブロック一括架設は、台風による船舶避難を3回も余儀なくされましたが、無事に平成21年9月末に終了しました。引き続き上部トラスの架設、そして中央径間のトラス桁を平成22年5月にFCにて架設し、最後に平成23年2月に最終閉合ブロッ

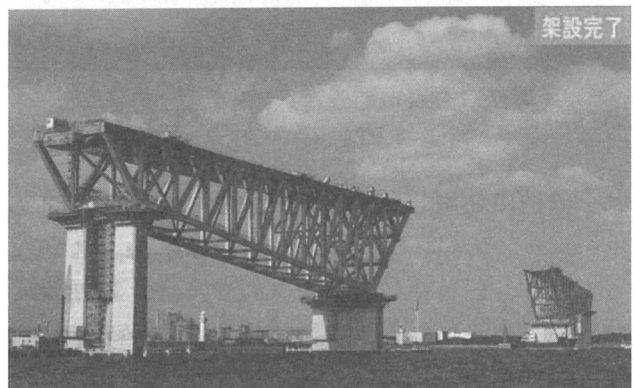


写真 15 側径間大ブロック架設完了

クの架設を行い、東京ゲートブリッジが繋がりました（図6、写真16）。

なお、平成23年3月11日の東北関東大震災にも耐え、問題の無かったことを付け加えておきます。

工事を進めるにあたり、ご指導・ご協力をいただきました発注者並びに工事関係者の方々に深く感謝の意を表します。



図 6 東京ゲートブリッジ橋桁最終架設完了
(国土交通省 東京港湾事務所HPより)

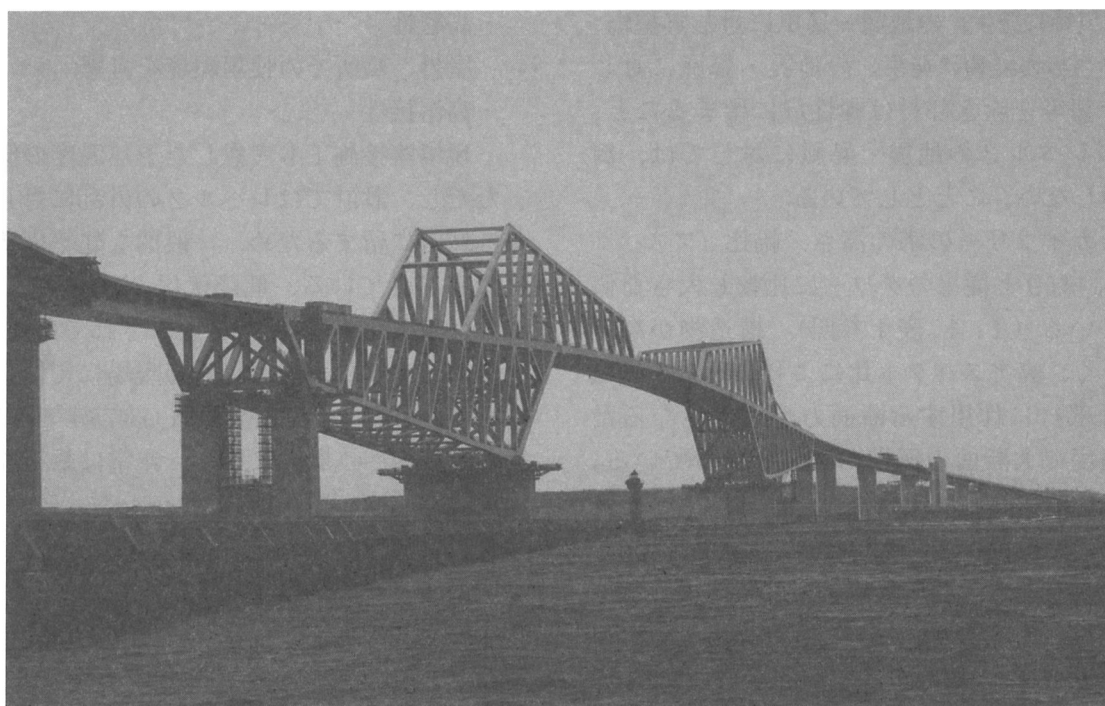


写真 16 東京ゲートブリッジ全景

Ⅱ. 新ランドマークに使われた鉄鋼製品

1. 東京スカイツリー[®]の円形鋼管

JFEスチール(株) ひろ た みのる
厚板セクター部 廣 田 実

◇ 円形鋼管に要求される性能と仕様

東京スカイツリーの構造設計¹⁾では、外乱に対し通常の超高層建築物では想定しない地震・暴風に対しても安全性を確認している。具体的には、レベル1（稀に発生）の地震・暴風に対し無損傷、レベル2（極めて稀に発生）の地震・暴風に対しては接合部等を除き部材は弾性域に留まること、想定外のレベル3の地震・暴風に対しては、倒壊・崩壊しない、こととしている。

東京スカイツリーの塔の高さ／幅比（アスペクト比）は、約9と従来のタワーに比較し大きな値となっている（I. 1. 表1参照）。構造物が高いだけでなく、高アスペクト比により、地震・暴風時に鉄骨部材に作用する断面力が大きくなるため、高強度で大断面の鋼材が必要となっている。また、鉄骨製作工場および建設現場での鋼材の接合方法は、溶接接合が前提となっている。

上記のような理由から、鋼材には次のような性

能が要求された。

- ・高強度
高降伏点：400、500、630N/mm²級
- ・極厚・大径の鋼管
最大厚さ：100mm、最大径：2,300mm
- ・高靱性
屋外、高所での使用環境を考慮
- ・高溶接性
現場溶接施工も考慮した予熱温度の低減

ただし、設計ではレベル2の外乱に対し部材は弾性域内に留まるため、一般的な建築構造用鋼材に規定されている、低降伏比（YR≤80%、円形鋼管についてはYR≤85%）は要求されていない。

一方、非常に大径の鋼管を現場にて溶接接合するため、通常のJIS規格（JIS G3475建築構造用炭素鋼管 STKN）の規定に対し、非常に厳格な鋼管断面の寸法精度が要求された。

表1に、東京スカイツリーに使用された降伏点400、500、630N/mm²級の高強度円形鋼管の仕様

表 1 高強度円形鋼管の仕様

		機械的性質					化学成分		
降伏強度レベル	設計強度 N/mm ²	YS N/mm ²	TS N/mm ²	YR (YS/TS)	E1 %	vE ^{*1} 0℃ J	板厚範囲	Ceq ^{*2} (%)	PCM ^{*3} (%)
630N/mm ² 以上	630	630～880	780～930	≤95%	≥16	≥47	—	≤0.60	≤0.30
		630≤		≤90%		≥47(－20℃)			
		700～900		≤95%					
500N/mm ² 以上	500	500～700	570～740	≤95%	≥20	≥70	19≤t≤40	≤0.47	≤0.28
			590～740				40<t≤100	≤0.50	≤0.30
400N/mm ² 以上	400	400～600	490～640	≤95%	≥23	≥70	19≤t≤50	≤0.40	≤0.26
							50<t≤95	≤0.42	≤0.27
STKN490B JIS鋼管（参考）	325	325～475	490～640	≤85%	≥23	≥27	—	≤0.44	≤0.29

*1 外面側から1/4t 位置

*2 Ceq：C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

*3 PCM：C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B

表 2 東京スカイツリーに使用された鉄骨材料

構造部位	位置	外径×板厚 (mm)	鋼材の降伏点	形状
柱	鼎トラス	P-711.2φ×28~2,300φ×100	400~500N/mm ² 級	円形鋼管
	外塔	P-1,100φ×25~1,016φ×60	SN490B, 400~500N/mm ² 級	
	ゲイン塔	P-900φ×25~1,200φ×80	SN490B, 400~500N/mm ² 級 630N/mm ² 級	
ブレース	外塔	P-508φ×16~1,000φ×60	SN490B, 400N/mm ² 級	
	ゲイン塔	P-300φ×22~500φ×22	SN490B, 400~500N/mm ² 級	
塔体水平部材	外塔、鼎トラス	P-267.4φ×12~609.6φ×16	SN490B (部分的 SCN590B-CF)	角形鋼管
	水平連結トラス リングトラス	BX-300×300×9×9 ~500×500×12×12	STKR490, BCP325	

を示す。通常の円形鋼管 (STKN490B) と比較し、シャルピー衝撃値を高く設定 ($vE0 \geq 70J$ 、 $630N/mm^2$ 級鋼管は $vE0 \geq 47J$) している点、および良好な溶接性を確保するため、溶接割れ感受性組成 P_{CM} を最大で0.30%以下に抑えている。一方降伏比については、 $YR \leq 95\%$ 以下としている。鋼材メーカー各社は、東京スカイツリー建設のため、鋼材供給に先立ちこれらの仕様を満足した鋼材について、国土交通大臣の認定を取得した。

表2に、東京スカイツリーの塔体に使用された鉄骨材料とその使用部位を示す。最も、巨大な鋼管 (写真1) は、鼎トラスの基盤部に使用されており、直径2,300mm、板厚100mmである。

この巨大な鋼管による鉄骨部材は、鉄骨製作工場から建設現場への運搬上の制約、および現場クレーンの揚重能力の制約から、重量30トン以下、長さ4m以下に制限された。

◇ 高強度円形鋼管の製造方法

円形鋼管には、製造方法から、溶接継ぎ目の無いシームレス鋼管、熱延帯鋼を半製品とし溶接製造法による電縫鋼管、スパイラル鋼管、厚板を半製品とし溶接製造法によるUOE鋼管、プレスベンド鋼管、ロールベンド鋼管、がある。

東京スカイツリーの主要構造部には、厚板を曲げ加工する、UOE鋼管、プレスベンド鋼管、ロールベンド鋼管、の高強度円形鋼管が使用された。写真2にUOE鋼管とプレスベンド鋼管の製造方法を示す。

UOE鋼管は、厚板を所定の幅に切断・開先加工後、Uプレス機でU形状にした後、Oプレス機でO形状にプレスし、開先部の内外面を溶接する。その後、メカニカルエキスパンダーにより所

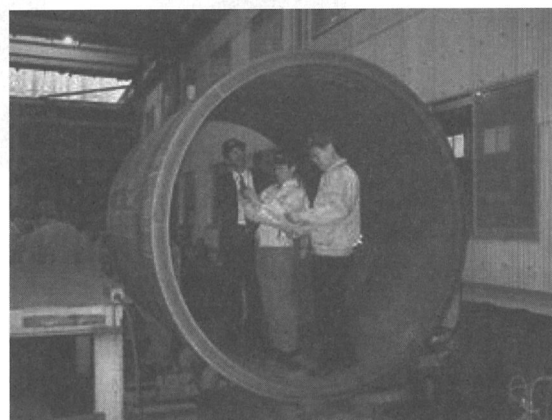


写真 1 鼎トラス部使用鋼管

定鋼管寸法に拡張、仕上げる。

プレスベンド鋼管、ロールベンド鋼管は、UOE鋼管や他の製造方法では困難な、厚肉、大径の鋼管を製造する。プレスベンド鋼管は、厚板を所定の幅に切断、端面を開先加工し、端部をプレス機にて耳曲げた後、プレス機により円筒形に成形し、継ぎ目を溶接する。板厚、外径に応じ、冷間ままで成形する場合と、厚板を熱処理炉で所定温度に加熱後成形する、温間成形、熱間成形の製造方法がとられる場合がある。

ロールベンド鋼管は、円筒形への成形をローラーにより行う製造方法であり、それ以外はプレスベンド鋼管と同じである。

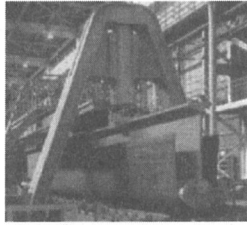
また、成形後、最終的に規定された機械的性能を満足させるため、鋼管を熱処理炉で所定温度に加熱、均熱、冷却するSR処理を行う場合もある。

◇ 高強度円形鋼管用原板の材質制御

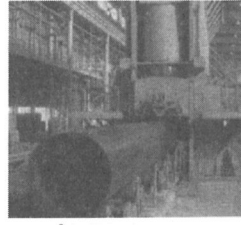
建築構造用厚板の鋼材規格 (強度レベル) 毎の、製造方法とミクロ組織を図1にまとめて示す²⁾。

一般的な引張強さ490N/mm²級のSN490厚板は

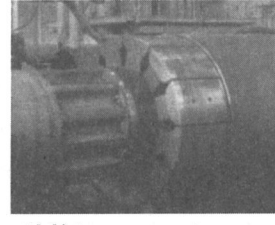
【UOE鋼管】



Uプレス



Oプレス



拡管(Expansion)

【プレスベンド鋼管】

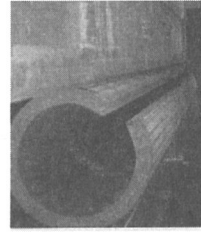
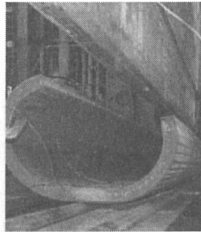


写真 2 円形鋼管の製造方法

圧延ままで製造される。極厚の引張強さ490～550N/mm²級 (TMCP325～385) の厚板の製造は、TMCP法により、フェライトとパーライト、ベイ

ナイトからなる複層組織が作り込まれている。さらに高強度の引張強さ590N/mm²級のSA440および低降伏比型の780N/mm²級鋼 (低YR-HT780) で

製造プロセス	圧延まま (従来圧延)	TMCP		熱処理	
		非水冷型 (制御圧延)	水冷型 (制御圧延 + 加速冷却)	2相域焼入 - 焼戻し	焼入 - 焼戻し
	(a) 圧延	(b) 制御圧延	(c) 制御圧延 水冷 ACC	(d) 圧延 RQ L(Q) T (a+γ) 2相域	(g) 圧延 RQ T
				TMCP (制御圧延 + 直接焼入または加速冷却) + 熱処理	
ミクロ組織				(e) 制御圧延 水冷 DQ (a+γ) 2相域 または ACC L(Q) T	(h) 制御圧延 水冷 DQ または ACC T
				(f) 制御圧延 水冷 DL(DQ) (a+γ) 2相域 または ACC T	
	[軟質相] フェライト [硬質相] パーライト	フェライト + パーライト	フェライト + パーライト、ベイナイト	フェライト + 焼戻マルテンサイト、ベイナイト ※ 2相域焼入時に a だった領域	焼戻マルテンサイト、ベイナイト
強化機構	(フェライト) 結晶粒微細化 制御圧延、加速冷却 Nb, Ti 添加 変態強化 ← C 増加 合金添加 (Cu, Ni, Cr, Mo, Nb, B など) 加速冷却、熱処理 (焼入) 固溶強化 ← 合金添加 析出強化 ← 合金添加 (V, Nb, Cu など)				
鋼材規格	SN490	TMCP325, 355	TMCP385	SA440 低 YR-HT780	H-SA700

図 1 建築構造用厚板の製造プロセスとミクロ組織、強化機構

は、2相域焼入によって、より微細な軟質層と、より高強度の焼戻しマルテンサイト、ベイナイトの硬質層からなる複層組織が作り込まれている。高降伏比型の引張強さ 780N/mm^2 級鋼材H-SA700は焼入-焼戻しにより、焼戻しマルテンサイト、ベイナイトの硬質層からなる複層組織が作り込まれている。

厚鋼板の引張特性や靱性を支配する軟質層と硬質層の分率や分布、形態、硬さなどの組織因子はTMCP法や熱処理条件を厳密に管理することによって適正な状態に制御される。このようにして、高強度・高靱性の厚板が作り込まれている。

厚鋼板の高強度化のため炭素量や合金添加量を増加すると、HAZ（溶接熱影響部）での割れや靱性低下等の問題が生じる。HAZでの低温割れは、HAZの硬さが増加するほどその危険性が高まり、鋼材の化学組成で表される、炭素当量（ C_{eq} ）や、溶接割れ感受性組成（ P_{CM} ）で評価される。高い C_{eq} や P_{CM} を有する鋼材のHAZは硬化しやすく、低温割れ発生の危険性が高いため、溶接時に割れ防止のため予熱や後熱が必要になり、溶接施工性の低下を伴う。

図2³⁾に鋼材強度におよぼす制御圧延と加速冷却の影響を示す。TMCP法は制御圧延と加速冷却を組み合わせることで、低炭素、低合金でも熱処理なしで高強度と高靱性が確保できる製造方法である。

東京スカイツリーに使用された高強度円形鋼管用の厚板は、このTMCP法が幅広く適用された。降伏点 400N/mm^2 級の厚板はTMCP法により、 500N/mm^2 級の厚板は、TMCP法を応用した、制

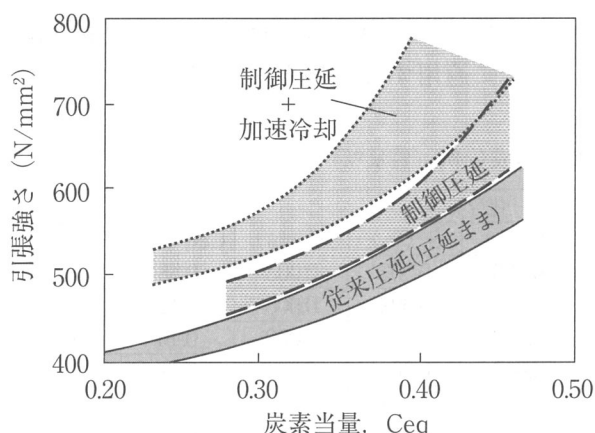


図2 鋼材強度に及ぼす炭素当量とTMCPの効果

御圧延と直接焼入を組み合わせた製造方法により、低 C_{eq} 、低 P_{CM} の溶接性に優れた性能を達成した。 630N/mm^2 級の厚板は、オフラインによる焼入-焼戻しが適用されている。図3に東京スカイツリー用厚板の降伏点と P_{CM} との関係を、従来の高強度鋼とあわせて示す。従来鋼と比較し、低 P_{CM} 化がはかられている。

厚板をプレス、あるいはロールにより円形鋼管に造管加工することにより、造管前後で機械的性質が変化する。鋼管表裏面の円周方向には最大で板厚 t と鋼管径 D の比（ t/D ）程度の引張あるいは圧縮塑性ひずみが導入されるため、加工硬化や靱性の低下などの材質変化が生じる。そのため、鋼管素材に適用する厚板の性能管理値は、造管前後の材質変化を考慮して設定する必要がある。

図4⁴⁾は引張強さ $550\sim 780\text{N/mm}^2$ 級の厚板から板幅方向（C方向）に採取した予ひずみ導入試験体に、5、10%の引張予ひずみを付与、さらに $250^\circ\text{C} \times 1\text{hr}$ の時効熱処理を施した後の材質を評価した結果である。鋼管軸方向の機械試験を模擬するため、予ひずみ方向と垂直の圧延方向（L方向）より、試験片を採取している。図4(a)に示す引張試験結果では、予ひずみ量の増加にともない、降伏点、引張強さ、降伏比が増加している。図4(b)にシャルピー破面遷移温度（ $vTrs$ ）に及ぼす予ひずみ量の影響を示す。ひずみ時効により靱性は低下し、 $vTrs$ が $30\sim 50^\circ\text{C}$ 上昇している。

鋼管素材として適用する厚板では、このような造管加工による引張特性の上昇、靱性の低下を考慮した成分設計、製造条件の最適化が必要となる。

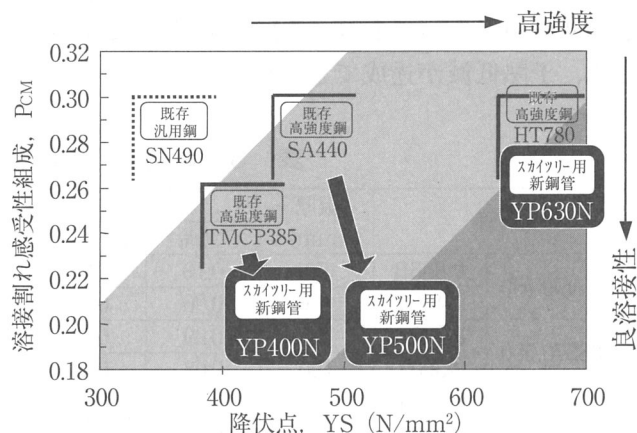


図3 東京スカイツリー用厚板の溶接性

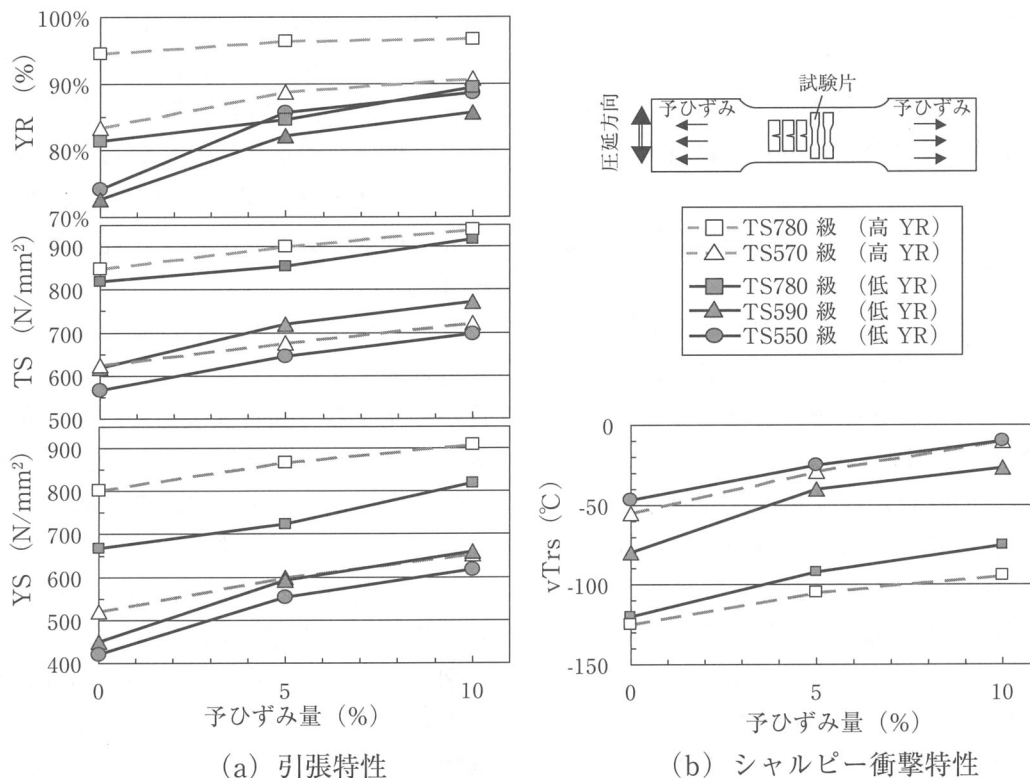


図 4 鋼材の引張およびシャルピー衝撃特性に及ぼすひずみ時効の影響

◇ 東京スカイツリー用鋼管の性能

降伏点400、500、630N/mm²級の高強度円形鋼管の国土交通大臣認定取得に向け、製造確性した性能試験結果を示す⁴⁾。表3に原板の化学成分例を、表4に鋼管サイズとその造管条件、機械的性質を、低降伏比型円形鋼管のデータとともに示す。機械的性質は、造管前の厚板、鋼管双方のデータを示している。

厚板のPCMは、表1の東京スカイツリー向け高強度円形鋼管の仕様を十分に満足している。特に降伏点400、500N/mm²級の鋼管は、仕様より十分低い値となっており、TMCP法を駆使することで、予熱低減が達成できている。

引張特性（降伏点、引張強さ、降伏比）は造管加工により上昇しているが、表1の仕様を十分に満足している。衝撃値の結果は、造管加工により多少低下する傾向だが、板厚、曲率に関係なく、全ての鋼管で100J以上を満足している。

従来にない高強度、極厚・大径の円形鋼管の初採用に際し、鋼材メーカーから鉄骨製作工場への鋼管納入時に、監理者により受入材料試験が実施された。監理者が指定した頻度で受入試験は実施され、材料性能が鋼管仕様を満足していることを監理者により確認された。

また、東京スカイツリー鉄骨製作の各製作工場では、それぞれ採用する鋼材メーカーの鋼管に対し、実際に適用する溶接方法・溶接条件で施工試

表 3 高強度円形鋼管用厚板の化学成分例（質量%）

鋼管		板厚 (mm)	化学成分							
			C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	N (%)	Ceq (%)	P _{CM} (%)
TS490-550	P-385B	50	0.13	0.35	1.34	0.006	0.002	0.003	0.38	0.21
	P-400T	95	0.06	0.20	1.48	0.008	0.002	0.005	0.42	0.17
TS570-590	P-440B	80	0.09	0.26	1.50	0.008	0.002	0.003	0.46	0.20
	P-500T	100	0.08	0.24	1.45	0.016	0.003	0.004	0.41	0.19
TS780	P-630T	40	0.06	0.19	2.00	0.012	0.001	0.004	0.55	0.25
	P-630T	60	0.12	0.27	0.97	0.003	0.001	0.005	0.55	0.28

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

表 4 高強度円形鋼管の機械的特性

		鋼管					機械的特性 (原板)				機械的特性 (鋼管)			
		D (mm)	t (mm)	t/D (%)	造管 方法	熱処理	YS N/mm ²	TS N/mm ²	YR (YS/TS)	vE 0°C J	YS N/mm ²	TS N/mm ²	YR (YS/TS)	vE 0°C J
TS490-550	P-385B (低YR)	800	50	6.3	冷間		434	596	73%	280	499	607	82%	252
		1000	50	5.0			434	596	73%	280	509	609	84%	243
	P-400T (高YR)	1300	95	7.3	温間	SR	405	579	70%	343	564	627	90%	328
		2100	95	4.5	冷間		407	586	69%	346	490	609	86%	316
TS570-590	P-440B (低YR)	900	40	4.4	冷間	SR	502	637	79%	263	535	652	82%	268
		800	45	5.6			479	631	76%	284	572	691	83%	279
		800	50	6.3			467	609	77%	305	550	665	83%	295
		800	60	7.5			490	645	76%	312	536	667	80%	275
		900	70	7.8			475	620	77%	298	513	652	79%	271
		1900	80	4.2			484	658	74%	320	542	672	81%	273
	P-500T (高YR)	1300	90	6.9	温間		561	706	79%	210	666	734	91%	150
		2100	100	4.8	冷間		546	698	78%	231	629	726	87%	223
TS780	P-630T (高YR)	800	40	5.0	温間		645	841	77%	202	759	833	91%	181
		800	40	5.0			669	823	81%	232	741	862	86%	222
		1000	50	5.0			662	859	77%	228	775	846	92%	126
		1000	60	6.0			737	825	89%	254	719	823	87%	250

t/D : 鋼管厚/鋼管直径 引張試験 : JIS 2201 12A、12B号
 衝撃試験 : JIS Z2242 V ノッチ試験片 外面側から1/4 t 位置

験が実施され、その溶接部性能が仕様を満足することを監理者により確認された。

参 考 文 献

- 1) M. Keii, A. Konishi, Y. Kagami, K. Watanabe, N. Nakanishi, Y. Esaka : STEEL CONSTRUCTION TODAY &

- TOMORROW, NO.31, pp.5-9, 2011. 11
- 2) 大森章夫、志村保美 : ふえらむ、NO.11 (vol.16)、pp.22-28、2011. 11
- 3) 日本溶接学会 : 溶接・接合技術、産業出版、p.170、1993
- 4) 末石伸行、荒川武和、大森章夫、松井篤美 : JFE技報、NO.21、pp.8-14、2008. 8

2. 東京スカイツリー[®]建設工事で 使用された溶接材料

日鐵住金溶接工業(株) 溶接技術サポート部 **むら 村 田 義 明** よし あき

まえがき

世界一の高さを誇る東京スカイツリー^{注1)} (以下、本タワー) は、地上波デジタル放送を担う自立式電波塔として、多くの新しい技術が導入され、2008年7月着工から約3年8ヶ月を要して建設された。

本タワーの建設工事では、①降伏強さの下限保証値が400、500、700MPaの高性能鋼管 (以下、YP400、YP500、YP700鋼管) を大々的に採用、②トラス構造とするために鋼管同士の接続部には複雑な分岐継手を採用、③現場施工では未曾有の高所作業となる特色があった。

上記①では、本タワー用に鋼材メーカーが独自に開発・規格化した高性能鋼管が採用された (表1参照)。特に、YP400及びYP500鋼管の素材には、降伏比緩和型高降伏点鋼板が採用された。これら高降伏点鋼板の特長は、同じ強度クラスの鋼材と比べ、同等の溶接性を維持しながら、設計強度である降伏点をYP400で23%、YP500で14%程度向上させた点にある。一般的に合金を添加して高強度化を行うと、加工性や溶接性が損なわれる。降伏比緩和型高降伏点鋼では、圧延工程での熱加工制御プロセス (TMCP) を活用することで、合金添加量を抑えるとともに圧延後の熱処理工程を省略又は軽減して、降伏強さを高めることができる。そのメリットは、柱部材の薄手化による溶接時間の短縮と予熱負担の軽減にある。このような鋼材のメリットを最大限活かす観点から、溶接材料についても、本タワー用にメーカーが独自に特別仕様を設けた。本稿では、本タワー工事向け溶接材料の一例について紹介する^{1~3)}。

◇ 東京スカイツリーの構造概要

構造的には、図1に示すように頂部に位置しアンテナが設置されるゲイン塔と、二つの展望台を

支える本体塔に大別される。本体塔では、中心にある鉄筋コンクリート製コア (以下、心柱) を取り囲むように、鋼管トラス構造の外周架構が配置され、心柱と外周架構とが協働して地震時の揺れが抑制される制振構造となっている。外周架構が

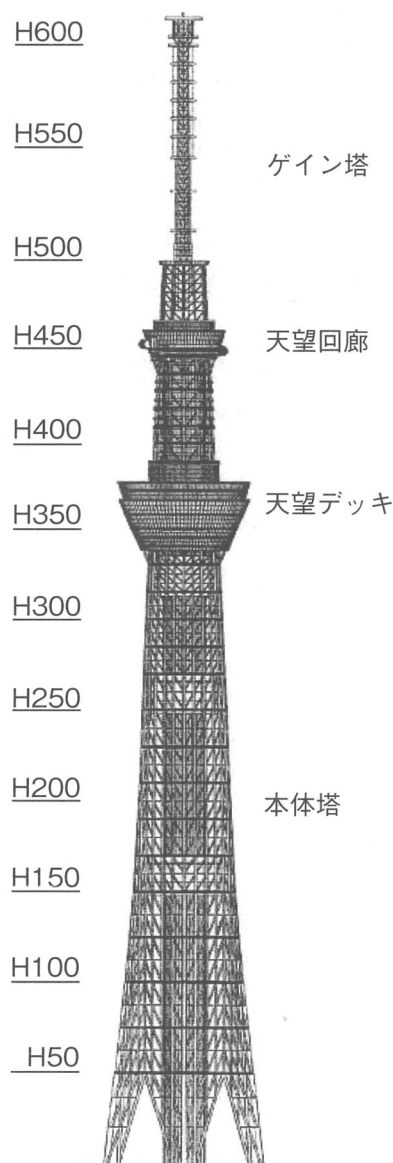


図 1 東京スカイツリー[®]の概要

【画像引用：鉄構技術 (2009年) 3月号、22】

注1) 事業主体：東武鉄道(株)・東武タワースカイツリー(株)
設計・監理：(株)日建設計、施工：(株)大林組

構造全体を支え、地震や強風時の揺れに抵抗し、これが弾性範囲に留まる設計が取り入られている。634mという高さから、外周架構に作用する荷重は大きく、それ故、YP500及びYP400の円形鋼管が必要とされた。最も荷重が大きくなる足元の三角形の頂点に位置する柱には、外形2,300mm、肉厚100mmのYP500鋼管が使用されている。

また、ゲイン塔の脚部と本体塔との接続部には、YP700鋼管で、外径1,200mm、肉厚80mmのいわゆるHT780鋼の極厚鋼管も使用されている。これら高強度、かつ、極厚肉の円形鋼管が分岐継手で溶接接合されることで、構造全体としての剛性を高めている。

◇ 新タワー建設工事で使用された溶接材料

新タワー建設工事の概略工程を図2に示すが、①鋼管の製造、②分岐継手の工場組立て、③現地組立て（建方）の順となっている。

本図では、鋼管の製造（以下、造管）として、厚肉タイプの造管に適用されるようなプレス曲げ製法（一部、ロール曲げを採用）の例を示している。新タワー建設工事の造管用、組立て用に使用された溶接材料の一例を表2に示す。

まず、造管では、曲げ加工された鋼板の縦シームの溶接を行うために、サブマージアーク溶接材料が使用された。その後、これら鋼管を分岐継手で溶接し、外周架構やゲイン塔のトラス構造体を組み立てるが、その際、ガスシールドアーク溶接用として、ソリッドワイヤ（下向、横向）とフラックス入りワイヤ（全姿勢）が使用された。

1. サブマージアーク溶接材料

同表に示すサブマージアーク溶接材料は、プレ

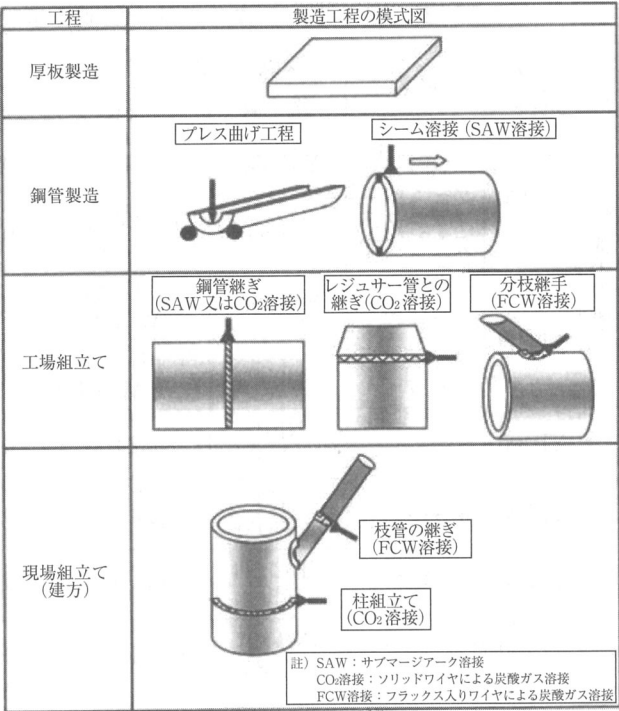


図 2 塔体鉄骨加工の製作フロー

ス曲げ加工された厚肉タイプの造管（以下、PB鋼管）の際、多パス溶接に使用された。

Y400及びYP500鋼管では、スラグ剥離性が良好な溶融フラックス（JIS Z 3352 SFAR1該当）を採用することによって、狭開先化が図られ、その生産性が改善された。また、鋼種に応じて、組合せワイヤが選択された。

一方、YP700鋼管の造管時には、引張強さが780 N級溶接材料（JIS Z 3183 S804-H4及びS80J4-H4該当）が採用された。特に、強度が高くなる程、溶接割れ感受性が高くなることから、その対策として極低水素系のボンドフラックスが選定された。また、YP700鋼管では、曲げ加工のままで、

表 1 東京スカイツリーに使用された高降伏点鋼管の代表規格一覧

強度クラス	規格名 (板厚)	設計強度 (MPa)	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	降伏比 (%)	破断伸び (%)	衝撃値 (J)	原板	造管
490N級	BT-HTP400UO (19≦ ≦40)	400	400≦ ≦600	490≦ ≦640	≦95	23≦	70≦ (0℃)	BT-HT400C	UOE
	PHYP400PB (19≦ ≦100)	400	400≦ ≦600	490≦ ≦640	≦95	23≦	70≦ (0℃)	BT-HT400C	PB
590N級	PHYP500PB (19≦ ≦100)	500	500≦ ≦700	590≦ ≦740	≦95	20≦	70≦ (0℃)	BT-HT500C	PB
780N級	PHYP700PB (40≦ ≦80)	630	700≦ ≦900	780≦ ≦980	≦95	16≦	47≦ (-20℃)	BT-HT630	PB +SR

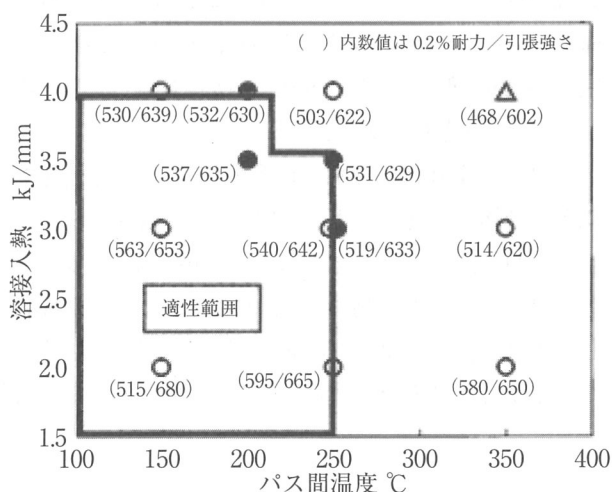
表 2 東京スカイツリー建設工事で使用された高降伏点鋼管用溶接材料の一例

適用	対象 鋼種	品名	日鐵住金溶接工業製品		溶着金属の化学成分 (%)					降伏強さ (MPa)	引張強さ (MPa)	衝撃値 v_{E_T} (J)
			銘 柄	JIS	C	Si	Mn	Mo	その他			
分岐継手の組立	YP400	ソリッドワイヤ	YM-55C	YGW18	0.07	0.5	1.1	0.2	Ti、B	630	670	150 (0℃)
		フラックス入りワイヤ	SF-55	T550T1-1CA-G-UH5	0.06	0.4	1.3	0.2	—	560	629	94 (0℃)
	YP500	ソリッドワイヤ	YM-60C	大臣認定 MWLD-0015	0.07	0.4	1.4	0.4	—	591	664	111 (-5℃)
		フラックス入りワイヤ	SF-60	T59J1T1-1CA-N2M1-UH5	0.05	0.5	1.6	—	Ni : 0.5	601	639	96 (-5℃)
造管	YP400	サブマージ アーク 溶接材料	NF-1 × Y-D	S532-H該当	0.08	0.3	1.4	—	Ti、B	490	570	130 (0℃)
	YP500		NF-1 × Y-DM	S624-H4該当	0.10	0.2	1.4	0.5	—	640	670	110 (0℃)
	YP630 又は YP700		NB-250H × Y-80M	S804-H4該当	0.09	0.2	1.4	0.5	Ni : 2.2 Cr : 0.6	760	860	120 (-40℃)
			NB-80 × Y-80	S80J4-H4該当	0.06	0.2	1.6	0.4	Ni : 2.1 Cr : 0.9	790	890	100 (-20℃)

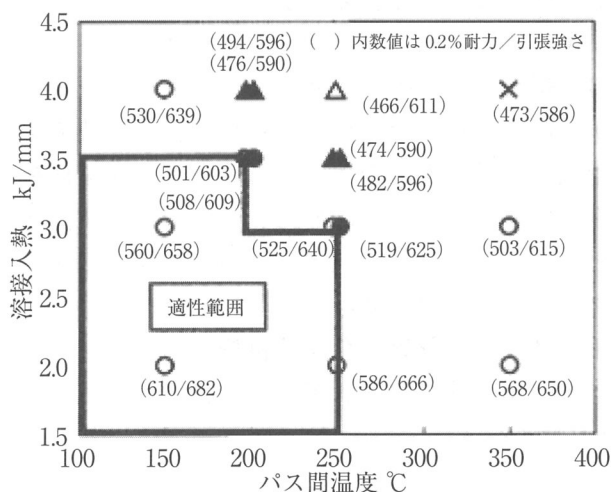
降伏比が規格上限値を超えるリスクがあることから、溶接後熱処理が施された。その際、溶接部では焼戻脆化傾向が高くなることから、その対策として溶接材料の不純物元素の低減が図られた。

2. ソリッドワイヤの規格問題への対応

本タワー工事の高降伏点鋼管用溶接材料については、該当JIS規格の降伏強さが、対する鋼管の規格値と同等以上であることが基本要件であっ



(a) ワイヤ径 1.2φ の場合



(b) ワイヤ径 1.4φ の場合

記号	区分		板厚
○	0.2%耐力 $\geq 500\text{N/mm}^2$	引張強さ $590\sim 740\text{N/mm}^2$	25mm
△	0.2%耐力 : 500N/mm^2 未満	引張強さ $590\sim 740\text{N/mm}^2$	
×	0.2%耐力 : 500N/mm^2 未満	引張強さ $590\sim 740\text{N/mm}^2$ 未満	
●	0.2%耐力 $\geq 500\text{N/mm}^2$	引張強さ $590\sim 740\text{N/mm}^2$	20mm
▲	0.2%耐力 : 500N/mm^2 未満	引張強さ $590\sim 740\text{N/mm}^2$	
×	0.2%耐力 : 500N/mm^2 未満	引張強さ $590\sim 740\text{N/mm}^2$ 未満	

図 3 YP500鋼管を対象としたYM-60Cの入熱・パス間温度の管理範囲

た。しかしながら、YP500鋼管に対応するソリッドワイヤとして、当時のJIS Z 3312 YGW21の規格値では、その要件を満たすことができなかった。YP500鋼管の降伏点下限値に対して、10MPaと僅かではあるがアンダーマッチであった。そこで、当該製品に対し、国土交通省大臣認定を取得して、上記課題に対応した。その際、降伏強さ500MPa以上を担保するため、ワイヤ径毎に適正条件を探索した。図3に結果を示す。本鋼を対象にした入熱・パス間温度の管理値上限は、従来の降伏強さ440N級建築構造用鋼の場合と比べ、特にワイヤ径が1.4φの場合には適正条件範囲が狭くなっている。

なお、当該1.4φの製品については、その後、強度アップの改良が加えられ、ほぼ1.2φと同じ適正条件範囲での使用が可能となっている。

3. 550N級フラックス入りワイヤの開発

通常、建築鉄骨の溶接施工では、半自動溶接用として主にソリッドワイヤを使用している。本タワー建設工事では、分岐継手や斜材の周溶接が多いことから、全姿勢溶接に対応できる550N級フラックス入りワイヤ（JIS Z 3313 T550T1-1CA-G-UH5）を開発した。シームレスタイプとすることで、拡散性水素量 5 ml/100g以下を保証し、かつ、優れた耐割れ性を有する。また、立向溶接を想定した大入熱溶接（40kJ/cm以下）に対しても、所定の機械的特性を確保できる特長を有する。

4. 低水素化への取り組み

本タワーの建設工事においては、高強度・厚肉部材の溶接施工となることから、溶接割れを防止するために、予熱の検討が行われた。ただ、現地組立て（建方）の作業環境に配慮すれば、予熱作業の軽減が望まれる。本対策として、ソリッドワイヤ及びフラックス入りワイヤの全品種を対象に、拡散性水素量の特別仕様を設けた。ワイヤ表面の油分量はワイヤ送給性を担保する反面、水素源となることから、低水素化の実現のために油量を厳重管理した。一方、シームレスタイプのフラックス入りワイヤは、開封後も吸湿しにくい特性を有し、保管管理が容易であるメリットがあるが、さらに開封初期段階での低水素化に取り組んだ。製造工程の見直しを行った結果、拡散性水素量とし 4 ml/100g以下を実現した（図4参照）。

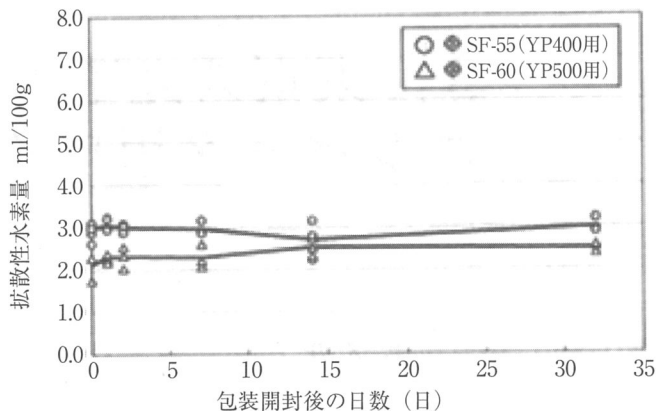


図 4 シームレス型フラックス入りワイヤの拡散性水素量の経時変化

また、本ワイヤは、銅めっき処理ができるので、ソリッドワイヤと同じように錆びにくいという特長がある。そこで、包装の簡素化により（外箱の省略）、建設現場でのエコ活動にも貢献することができた。

むすび

東京スカイツリー建設工事でも無事完了し、現在は観光名所としてその盛況振りが報道されている。今後は、地上波デジタル放送を待つばかりである。

本稿では、降伏強さが400～700N級の高性能鋼管を対象に、東京スカイツリー建設工事で使用された溶接材料の一例について紹介した。

現在、降伏強さが880MPa級の建築鉄骨も計画されているなか、建築分野においても高強度化がトレンドとなっている。このような大形構造物の溶接品質としては、脆性破壊の防止が最重点課題と考えられる。そのため、鋼材とその溶接材料には、目的とする機能以外に、破壊靱性に優れ、かつ、溶接施工性への負担軽減が求められている。これを両立させるためには、鉄鋼メーカーと溶接材料メーカーが、それぞれの技術を融合した革新的なモノづくりに向けて、これまで以上に連携を図っていく必要がある。

参考文献

- 1) 鈴木孝彦ほか：新日鉄技報第387号（2007）64、2007年
- 2) 鈴木孝彦・村田義明：配管技術54巻（2012）2号、17、2012年2月
- 3) 村田義明：第12回鉄鋼材料と鋼構造に関するシンポジウム、2012年

3. 東京スカイツリー[®]に使用されたエレベータ用ワイヤロープについて

(株)テザックワイヤロープ 技 術 部 森 野 徹 とおる

まえがき

ワイヤロープは、エレベータ用をはじめクレーンやロープウェイ・船舶・漁業・吊り橋など、様々な用途に使用されている。その用途毎にあった種類のロープを使用する事により、安全・安心なものとなる。また近年、費用を抑えるため、設備をより軽量化することが求められており、ワイヤロープにも、より強力かつ長寿命の品質が要求されるようになってきた。

今回、東京スカイツリーのエレベータロープについても、この2点が重要視される事となり、エレベータ用ワイヤロープの構成や性能について、種々検討および試験を重ねた。

今回東京スカイツリーに採用された弊社のエレベータロープの内容と特徴について記載する。

◇ エレベータの主要諸元

東京スカイツリーに設置されるエレベータのな

かで、東芝エレベータ株式会社が、天望デッキに直結するシャトルエレベータ4台と天望回廊に直結するエレベータ2台を納入する事となった。そのうち弊社では、業務用・非常用として天望回廊に直結する2台のエレベータ用ワイヤロープに採用された。

そのエレベータは、昇降行程が464.4mという日本国内最長の高昇降行程仕様となった。

◇ ワイヤロープの製造工程 (図1)

現在のワイヤロープの製造工程は、おおよそ、次のような工程を経て、製品が出来上がります。

1. 原料

ワイヤロープの原料は、主に高級な炭素鋼線材を使用し、通常0.30~0.80%の炭素量が含まれた硬鋼線材が使用される。

2. 熱処理

製鉄所で製造された上記の線材は、そのまま使用する事も可能だが、寿命や強度の点から、特殊

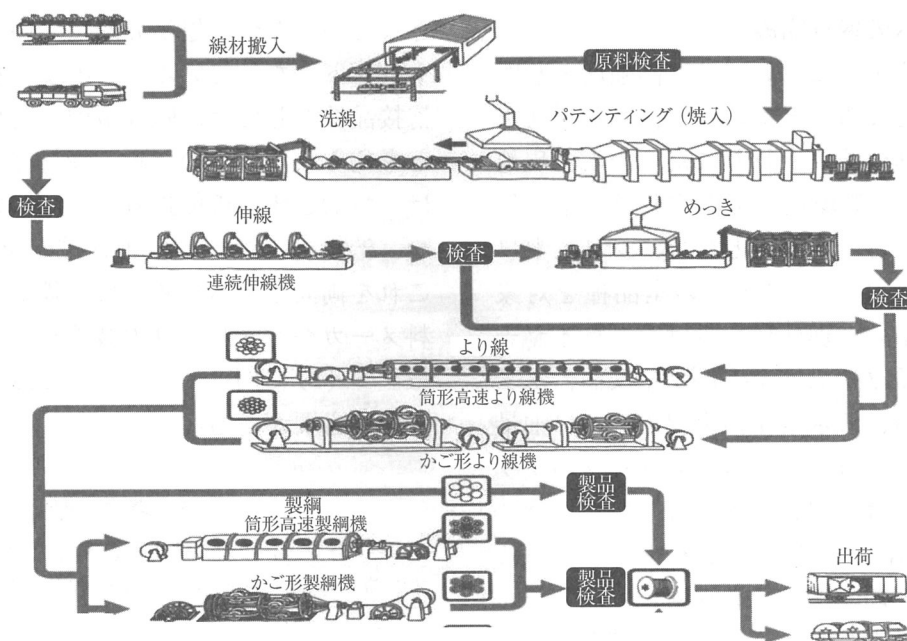


図 1 ワイヤロープの製造工程

な加熱装置で一定時間加熱し、溶融鉛炉で急冷するか、空気中で冷却させて、次工程の伸線加工において強力で、粘り強い素線を製作する組織に仕上げる。

3. 伸線

熱処理した線を細く引き伸ばす工程です。ここで、超硬ダイスとよばれる工具と連続伸線機と呼ばれる機械にて細く引き伸ばされる。この工程により、ワイヤロープに必要な、強度とねばり強さを持った素線に仕上がる。

4. より線

出来上がった素線をロープ構成により、必要な本数をストランダーと呼ばれる機械に取り付け、ストランド（子縄）を製造する。

5. 製綱

出来上がったストランドを製綱機（クローザ）と呼ばれる機械に掛けて、中心に繊維心を入れ、より合わせてワイヤロープに仕上げる。

◇ エレベーターロープの構成

東京スカイツリーのエレベータには、かごを吊下げるメインロープと、メインロープとの重量バランスを取るためかご下に吊下げるコンペンロープが使用されている。一般的には、どちらのロープにも中心に繊維の心が入ったロープが使用され

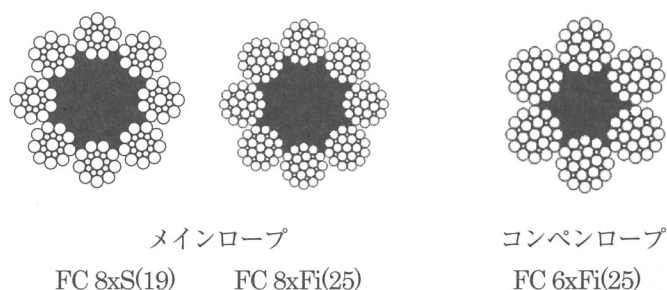


図 2 通常のエレベーターロープ（一般例）

ている（図2、3）。

しかしながら、高昇降行程となると、ワイヤロープの自重が増加し、必要な強度を得る為にはロープ径が大きくなり、ロープの掛け本数も増加する事になる。そこで今回、メインロープには鋼心入りのワイヤロープが使用され、ロープを構成する素線の種別は、B種（ $1,770\text{N}/\text{mm}^2$ ）が採用される事となった。（従来エレベーターロープには、E種（ $1,320\text{N}/\text{mm}^2$ ）またはA種（ $1,620\text{N}/\text{mm}^2$ ）が採用されていた）

従来の繊維心ロープと比較し鋼心入りロープについては、ロープ強度が高くなる半面、繊維心に含油されるグリス量に対し、鋼心に含油されるグリスが少なくなる事と、鋼心の断線が外部から見えないという短所がある。

そこで、弊社としては鋼心と側ストランドの隙間に樹脂緩衝材を挿入した、オメガファイラーロープ（商標登録品）を採用する事とした（図4）。このオメガファイラーロープの特徴としては、鋼心とストランドとの接触圧を低下し、摩耗や断線を防ぐと共に、オメガファイラー自身にもグリスを保持

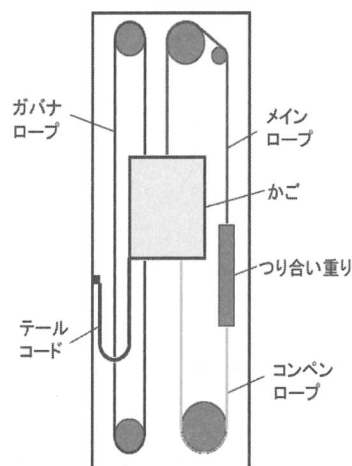


図 3 一般的なエレベータの構造

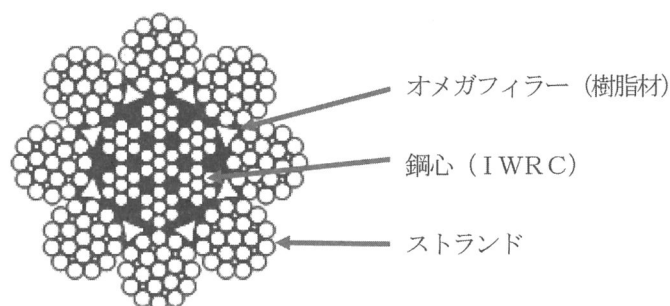


図 4 オメガファイラーロープ (OF IWRC 8xFi(25))

する事が出来るという利点を持ったロープである。

また、コンペンロープには、従来と同一の構成のロープを使用する事となったが、ロープ同士の衝突や絡みによる損傷を防ぐため、より長さの調整をした特殊なロープを製作した。

◇ エレベーターロープの寿命試験

上記の新構成については、エレベーターロープ用の遊星疲労試験機（写真1）による連続曲げ試験を実施し、従来のエレベーターロープに対し、約2倍の寿命を確保する事が出来た。

むすび

現在、世界では500mを超える超高層ビルの建設が進んでおり、使用されるエレベーターも高速で高昇降行程になっていく為、ワイヤロープもより強靱で長寿命な製品が求められている。

今回、東京スカイツリーという超大型プロジェ

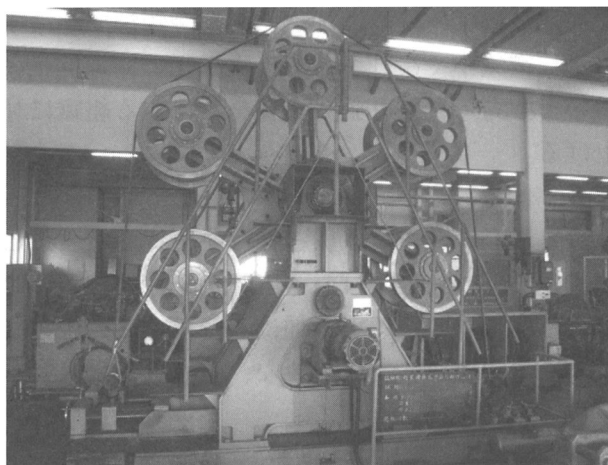


写真1 大型遊星疲労試験機

クトに参加出来たという事は、大きな誇りであるが、ワイヤロープの品質の重要性については大きな責任を感じている。弊社としては、エレベーターロープをNo.1製品と位置づけ今後も国内外の超高層物件に参入していくため、より高い品質を目指して研究開発を行っていきたいと考えている。



4. エレベータ用軸受

日本精工(株) 伝 寶 功 哲
産機軸受技術第一部

まえがき

エレベータは、建物高層化に伴って多くの人を短時間で運搬する必要があり、高速化、大容量化してきている。高層建築物の代表とされる東京スカイツリー[®]には、地上と約350mの「天望デッキ」を結ぶ、分速600mの高速、大容量エレベータと、「天望デッキ」と地上約450mの「天望回廊」を結ぶ大容量エレベータ、さらに、日本最長の昇降距離となる464.4mの業務用エレベータなどが設置されている。これらエレベータの高い安全性と快適な乗り心地に貢献している転がり軸受について紹介する。

◇ エレベータに使用される転がり軸受

機械室のあるエレベータの構造概略を図1に示す¹⁾。巻上機を介して、人や荷物をのせる「かご」と「つり合いおもり」がロープでバランスされている。駆動方式はトラクション式と呼ばれ、

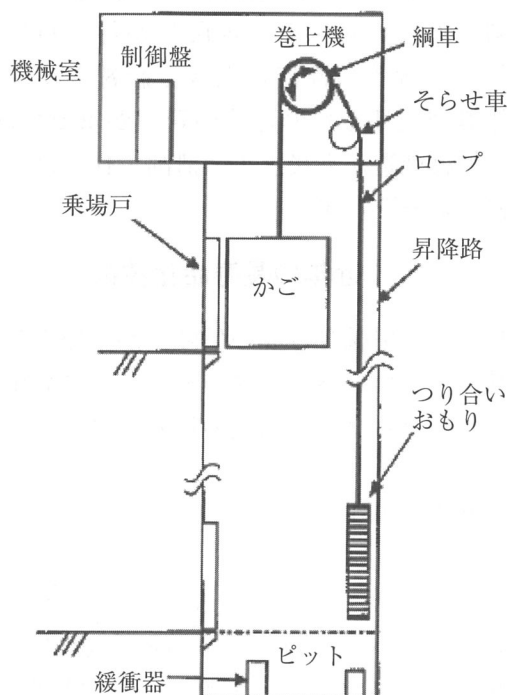


図 1 機械室のあるエレベータの構造概略¹⁾

巻上機の綱車とロープの摩擦力で駆動する構造になっている。転がり軸受は、巻上機、そらせ車やプーリ、ドアの開閉装置、かごの昇降を案内するレール部分などに使用されている。

巻上機は、エレベータにおいて重要な部品の一つで、モータ、綱車及びブレーキなどからなる。以前はモータの回転をギアで減速して綱車を駆動していたが、現在はギアを使用せず、直接モータ軸に綱車を取り付けて、PMモータ（永久磁石同期モータ）をインバータで制御する構成となっている。

巻上機の駆動綱車には、かごに搭載される重量、かご自重、つり合いおもり、ロープ自重などの荷重が負荷されるため、高層階用や大容量になるほど荷重が大きくなる。このため巻上機に使用される軸受は、負荷容量が大きく長寿命でしかも高速性に優れ、低騒音・低振動であることが求められる。これらの要求に対して、軸やハウジングのたわみを吸収することができる自動調心ころ軸受（図2）は、負荷容量が大きく組立の容易さなどから巻上機用軸受として多く使用されている。巻上機用軸受は、一般にグリース潤滑で使用され、法令点検時などに適宜グリースの補給が行なわれている。

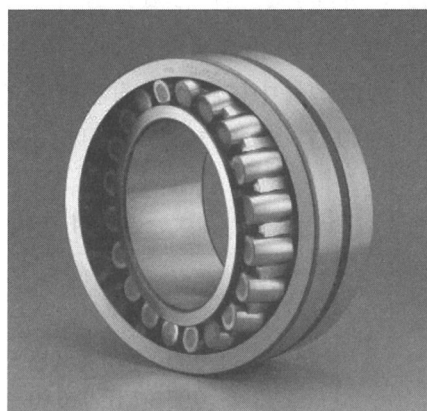


図 2 自動調心ころ軸受

◇ 使用される特殊鋼

転がり軸受は、軌道輪（外輪、内輪）と転動体、転動体を支える保持器から構成されている。軌道輪と転動体は高い接触圧力を繰返し受けながら、滑りを伴う転がり接触をしている。保持器は、軌道輪及び転動体の両方と又はそのいずれか一方と、滑り接触をしながら引張力、圧縮力を受ける。したがって、軸受の軌道輪及び転動体と保持器の材料には要求される特性が異なる²⁾。

軌道輪及び転動体には、通常、高炭素クロム軸受鋼が使用され、表1に代表的な化学成分を示す。大部分の軸受には一般にSUJ2が使用されるが、大形の軸受には、焼入れ性を高めるためSi、Mnなどが添加されたSUJ3が使用されている。SUJ2の化学成分は、諸外国で軸受材料として規格化されている鋼、例えばAISI 52100（アメリカ）、DIN 100Cr6（ドイツ）、BS 535A99（イギリス）などと同等である。

保持器材料に要求される特性は耐摩耗性が優れることである。通常、耐摩耗性を求める際には硬い材料を使用するが、保持器に硬い材料を使用すると転動体が摩耗して回転性能に悪影響を及ぼす恐れがある。そのため、硬さは低い耐摩耗性のよい材料が望まれる。主に使用される保持器形式としては、鋼板を打ち抜いた打抜き保持器と、銅合金を切削加工したもみ抜き保持器があり、打抜き保持器の材料には、SPCC（JIS G 3141）などが使用され、もみ抜き保持器の材料には、CAC301（JIS H 5120）などが使用されている。

◇ 製造技術

軸受の転がり疲れ寿命に影響を及ぼす主要な因子として、鋼材中の非金属介在物が挙げられる。非金属介在物は鋼材中に存在する不純物で、軸受軌道面下に存在するとその周辺に応力集中が生

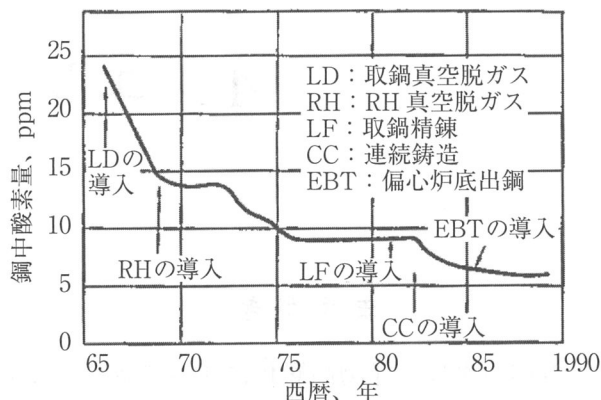


図 3 軸受鋼の鋼中酸素量の低減推移³⁾

じ、それを起点としてクラックの発生、伝播が起こり、最終的にフレーキングに至る。特に硬い酸化物系の非金属介在物が悪影響を及ぼすため、鋼材中の酸素量の低減が有効である。このため鋼材メーカーにおいて、溶解・精錬技術、真空脱ガス技術、連続製造技術などの開発により、鋼材の含有酸素量が低減されてきた。図3に軸受鋼の鋼中酸素量の低減推移を示す³⁾。

軸受が使用される条件は過酷であり、高い機械的強度が求められる。一方、高精度な寸法、及び形状に加工されている必要があり、加工前には加工性を向上させる必要がある。このため、軸受材料に施される熱処理には、前加工をできるだけしやすくする焼鈍と、加工後高い機械的強度を有する材料に行なう焼入れ、焼戻しが行なわれている。後者は軸受の性能に大きく影響を及ぼすため、熱処理条件や熱処理後の管理が重要である。図4に鋼材製造から後加工（研削・仕上げ）までの工程フローを示す。

◇ 近年の長寿命化技術

エレベータ用軸受は高い信頼性が求められるため、軸受の寿命とされるフレーキングの発生は避けなければならない。前述の通り、フレーキング

表 1 代表的な高炭素クロム鋼の化学成分

規格	記号	化学成分 (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS G 4805	SUJ2	0.95~1.10	0.15~0.35	0.5以下	0.025以下	0.025以下	1.30~1.60	0.08以下
	SUJ3	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	0.025以下	0.025以下	0.90~1.20	0.08以下
ASTM A295	52100	0.93~1.05	0.15~0.35	0.25~0.45	0.025以下	0.025以下	1.35~1.60	0.10以下



図 4 工程フロー (概略)

の発生は、鋼材中の非金属介在物の存在が影響するため、介在物の評価や製造管理が重要である。現在、鋼中の酸素量、介在物を低減させた高纯净度鋼が主に使用されている。さらに画像解析法などの材料纯净度評価技術の向上により、寿命に影響する粒子径の大きい介在物を低減させた高信頼性軸受用鋼（当社EP鋼）も開発されている³⁾。

近年になって巻上機に多く使用されている自動調心ころ軸受については、転動体と軌道輪間の接線力による特有の疲労破損のメカニズムが明らかになってきている⁴⁾。その疲労破損の対策として、転動体と軌道輪間の接線力に関係する転動面のすべりを抑制させた長寿命な自動調心ころ軸受の開発がされている⁵⁾。

またエレベータは、安全性から建築基準法により保守点検が義務付けられている。高い安全性が求められる、高速、大容量エレベータにおいては、メンテナンス時に使用されている軸受のモニタリングも重要になってきている。

◇ エレベータ用

静音・低振動自動調心ころ軸受

東京スカイツリーに代表される、高速、大容量のエレベータ巻上機に使用される自動調心ころ軸受には、騒音・振動の低減に対する要求を満足させるために、以下の特別な設計仕様を採用している⁶⁾。

1. 軸受内部すきまの最適化

軸受が軸やハウジングに組み込まれたときの内部すきまの最適化を行い、ころと内外輪、またはころと保持器の衝突音を低減させている。

- ・軸受内部すきまを最適値に設定
- ・すきまレンジをISO規格範囲の約2分の1に

縮小

2. 部品精度の向上

軸受各部品の真円度、粗さの向上を行ない滑らかな回転を実現させている。

○転動体（ころ）

- ・真円度、ころ径相互差を標準軸受の約2分の1に高精度化
- ・粗さを標準軸受の約4分の3に減少

○軌道輪（外輪、内輪）

- ・真円度を標準軸受の約3分の1に高精度化
- ・軌道面粗さを標準軸受の約3分の2に減少

むすび

高い信頼性を要求されるエレベータ用軸受にとって、鋼材の高纯净度化や品質管理の徹底が特に重要である。新興国をはじめ、高層ビルの建設が進み、高速エレベータの需要が増加すると予測されている。これら高層ビルの高速エレベータは、高い安全性に加え、高速性、静粛性などの性能要求が益々厳しくなると考えられ、使用される軸受の最適な材料適応も望まれる。

参考文献

- 1) 竹内 照男；エレベータ・エスカレータ入門 広研社 (2002)
- 2) 喜熨斗 政夫；ころがり軸受の材料 (1) (2) NSK Bearing Journal No.628 38
- 3) 阿部 力、奈良井 弘、古村 恭三郎；EP鋼（長寿命・高信頼性軸受用鋼）NSK Technical Journal No.652 (1992) 1
- 4) 植田 徹、植田 光司；自動調心ころ軸受特有の疲労破損メカニズムと長寿命化 第1報 NSK Technical Journal No.680 (2006) 6
- 5) 植田 徹、植田 光司、高橋 孝治；自動調心ころ軸受特有の疲労破損メカニズムと長寿命化 第2報 NSK Technical Journal No.682 (2007) 8
- 6) エレベータ用静音・低振動自動調心ころ軸受 NSK Technical Journal No.683 (2009) 54

5. 東京ゲートブリッジに用いた 橋梁用高性能鋼材 (SBHS)

新日鐵住金(株) 厚板技術部 田中睦人
厚板商品技術室

まえがき

2012年2月に供用開始された東京ゲートブリッジ(以降、本橋)は、道路延長約4,600mの東京港臨海道路Ⅱ期事業のうち第3航路(東京東航路)をまたぐ長さ2,618mの橋梁で(図1)、多くの新しい技術が適用された。鋼材では、本橋への適用を想定して準備を進めてきた新しい橋梁用高性能鋼材(SBHS(Steels for Bridge High Performance Structure))が、橋梁総重量約4万トンの内約1.5万トン(40%)使用されている。

“橋梁用高性能鋼”とは、強度・破壊靱性・溶接性・加工性・耐候性等、橋梁に要求される性能の観点から、各特性を最適なレベルに高めた材料と定義されている¹⁾。SBHSは、鋼橋の経済設計や製作効率化等に寄与し得る鋼材仕様として産学連携で検討・提案されたものである。

本稿では、橋に使用される鉄材料の歴史を振り返りながら、SBHSの開発経緯と特長などについて紹介する。

◇ 鉄橋に使用される材料

世界最古の鉄製橋梁は、イギリスの「アイアンブリッジ」で1779年に鑄鉄で建造、現在も歩道橋として供用され、産業革命の遺産として世界文化遺産に指定されている。日本で最初の鉄製橋梁は、1868年長崎県の「くろがね(=鉄)橋」で、材料は輸入された。国産の鉄を用いた最初の橋梁は、「弾正橋」で1878年に鑄鉄と鍛鉄を用いて建造、現在は東京都江東区の富岡八幡宮境内に移設され「八幡橋」の名称で人道橋として供用されている。1888年には、我が国初の鋼橋として天竜川橋梁が架設されている。1923年の関東大震災の復興事業を契機として、日本の鋼橋技術は飛躍的発展を遂げ、1998年に現時点世界最長の明石海峡大橋(支間長1,991m、全長3,911m)が供用開始された。



図 1 東京ゲートブリッジ (2012.8)

これまで国内には約6万橋の鋼橋が架設され(橋梁全体では約15万橋)、累計鋼材使用量は約2,400万トンになり、大事なインフラとして国民生活を支えている。

◇ SBHSについて

1. SBHS開発経緯

明石海峡大橋完成間近の1997年に、官学民連携のもと「次世代土木鋼構造研究特別委員会」が(社)日本鋼構造協会に設立された。鋼材の高機能化ならびにその高度な利用技術を核として、材料・設計法の見直しや、製作・施工・維持管理などの技術ブレークスルーにより、高度技術に裏付けられた鋼構造の積極的な展開を図る事を目的として3年間に渡り研究が進められてきた。

当時の橋梁技術は、本橋の架設場所である東京湾若洲地区の埋め立てが開始された1965年頃(約30年前)に制定されたJIS鋼材規格の最低保証レベルの鋼材でも、鋼橋の安全性が確保できることを条件として構築されていた。そこで上記委員会の小委員会である「高機能鋼材の橋梁への利用小委員会」では、①日本の高い科学技術の成果としての高性能鋼のパフォーマンスを活かしていないこと、②社会資本を効率的・経済的に整備すること、③鋼構造の国際競争力強化の観点から、日本

の鋼材製造技術に合った橋梁技術を確立するため研究に取組まれた。

その後、東京工業大学の創造プロジェクト研究体に設置された「高性能鋼の利用技術研究会」において、鉄鋼メーカー・橋梁メーカー参画のもと産学連携プロジェクトとして、橋梁における要求性能や鋼材仕様について具体的に検討が行われた。まず、鋼橋の代表的な形式である鉸桁を対象とし、有効活用可能な鋼材降伏強度について検討された。降伏強度増加に伴い鋼材重量は低減すること、一方、降伏強度が500N/mm²程度を超えると、橋梁に作用する繰り返し荷重に起因する疲労限界状態が設計を支配する要因となり、それ以上の高強度化は効果的でないことから、基本的降伏強度を500N/mm²とすることが提案された。また、吊橋や斜張橋のように鋼橋上部工の死荷重軽減が経済性に大きな影響を及ぼす橋梁形式においては、本州四国連絡橋で多く用いられた引張強度780N/mm²レベルである降伏強度700N/mm²が提案された。この時初めてBHS500、BHS700 (Bridge High Performance Steel) と呼称され、その仕様に基づいて鉄鋼メーカーにより試作され各種鋼材性能の確認が行われた²⁾。

その頃、本橋の設計検討委員会の中でこの新しい橋梁を支える鋼材としてBHS鋼採用が検討されてきた。その対応として、(社)日本鉄鋼連盟橋梁用鋼材研究会により、国土交通省の新技術情報システム (NETIS) にBHSが登録された。更に、発注者から鋼材品質安定と発注業務明確化のためBHSの材料規格化の要請があったが、その時点でのJIS規格化は本橋への鋼材供給時期を考えると工

期不足であった。そこで、(社)日本鉄鋼連盟製品規定「降伏点500N/mm²及び降伏点700N/mm²溶接構造用圧延鋼材」として鋼材仕様が取りまとめられ、これに基づき本橋に採用されている。

このようにして、BHS500が東京港臨海道路Ⅱ期事業の「臨海中央橋」に約1,200トン、本橋に約16,100トン (いずれも鋼材製造ベース) が先駆的に適用された。新鋼材を採用することで鋼材重量低減や、溶接時の予熱作業省略に伴い溶接効率が向上し、鋼重で約3%の減、製作費で約12%のコスト縮減が期待できる結果となったと国土交通省により公表されている³⁾。

本橋への適用実績を受け、一般橋梁への適用促進のため鋼材JIS規格化の要望が強まった。そこで、(社)日本鉄鋼連盟によりJIS規格原案が策定され、橋梁に使われる鋼材としては実に40年ぶりとなる2008年11月にJIS G3140橋梁用高降伏点鋼板としてJIS規格が制定・公示された (1968年の耐候性鋼材 (JIS G3114) 以来)。この時、JIS鋼材の種類の記号のルールに従いSBHSと表記され現在の名称となった⁴⁾。その後、東京都西多摩の「永田橋」では、鋼管トラス (最大板厚67ミリ、鋼管径800ミリ) を用いた日本初のスペーストラス構造形式が採用されている。この際に、SBHS500の優れた歪時効特性を活用した冷間強曲げ加工が採用、また、溶接時の予熱が省略できる特性を活かし現地での溶接施工が実施され、JIS規格化後初めて約600トン適用されている⁵⁾。

橋梁用高性能鋼の仕様概念、研究開発、実適用、JIS規格化までの約10年に渡る変遷を表1に示す。

表 1 SBHS鋼開発年表

年	内容	報告書等
1997～2000	橋梁用高性能鋼の概念提案 (YP400、500、700)	(社)日本鋼構造協会、三木ら
2003	橋梁用高性能鋼材 (BHS500、700) の提案	土木学会論文集、三木ら
2004	NETIS登録 (橋梁用高性能鋼材 (BHS鋼))	関東地方整備局、KTK-040005
2005	BHS500、500W、700W(社)日本鉄鋼連盟製品規定設定	(社)日本鉄鋼連盟、MDCR0014-2004
2006	臨海中央橋に約1,200トン初適用	東京都港湾局
2007	東京ゲートブリッジに約16,100トン適用	関東地方整備局
2008	SBHS500、500W、700、700W鋼材JIS規格公示	(財)日本規格協会、JIS G3140
2009	土木材料仕様書	東京都建設局
	鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物改訂	(財)鉄道総合技術研究所
	永田橋に約600トンJIS化後初採用	東京都
2011	新一付橋に約120トン採用	東京都
	SBHS400、400WがJISに追加	(財)日本規格協会、JIS G3140

2. SBHSの特長

SBHSの主な特長と効果を下記に示す。

- ①高強度化（かつ降伏強度一定） 橋梁軽量化
- ②破壊靱性向上（かつ圧延直角方向保証）
安全性向上、板取り自由度向上
- ③溶接性向上（予熱省略、溶接入熱規制緩和）
溶接施工性改善
- ④耐候性付与（現行耐候性鋼と同等）
現耐候性鋼適用規定に合致

- ⑤その他保有特性 耐ラメラテア、歪時効
- （1）機械的特性

1966年以降需要家からの個別ニーズに鋼材メーカーが対応してきた結果、現在橋梁には約30種類の鋼材仕様が用いられている。SBHS規格化に際してはこのような要望を反映させ、降伏強度保証下限値400、500、700N/mm²の3種類とし、各強度に耐候性仕様（強度表記の後にWを付与）を加えた計6種類の鋼材で構成することとした。その結果、鋼材種類が大幅に削減（実運用上約1/8）され、設計・施工・管理の容易化も期待されている。

従来鋼は規格制定時の鋼材製造実力から、板厚増加と共に降伏強度が低下する規格となっている。SBHSでは設計や施工の容易さからニーズの高い降伏強度一定とし、強度は従来鋼に比べ最大23%向上している。また、鋼材のねばりを評価するシャルピー試験は通常圧延平行方向で実施されるが、これをより厳しい圧延直角方向とすることで、橋梁部材を採取する方向が自由となり、応力方向が複雑な部材を一枚の鋼板から採取することが可能となった。この特性を活用して本橋格点部溶接個所の削減が可能となり、外観的にも貢献す

ることができた（図2）。

（2）溶接性能

橋梁製作効率化の観点から、溶接施工性向上は非常に重要な課題である。従来の鋼材製造技術では強度を向上させる手段として合金を添加していたため、引張強度60キロ以上の高強度鋼（SM570）では、溶接時に鋼材の冷間割れ防止対策として予熱が必要となり、製作効率低下の一つの要因となっていた。1980年代後半に、加熱・圧延やオンラインでの冷却をコントロールし、金属組織微細化により強度と靱性の向上を両立する熱加工制御技術（TMCP：Thermo Mechanical Control Process）（図3）⁶⁾が日本で開発され、厚板製造技術が飛躍的に向上した。その結果、合金に頼らず高強度鋼製造が可能となり、溶接性向上や破壊靱性など鋼板品質も大幅に改善された。

SBHSでは、TMCP技術活用により溶接割れ感受性組成（ P_{CM} ）を低く抑えながら（合金添加を抑制しながら）、高強度を得ている（図4）。本橋に使用された最大板厚50ミリのSBHS500の代わりに、従来のSM570を採用したと仮定すると、強度低下に伴い必要板厚は58ミリとなり、溶接時には100℃の予熱が必要となる。一方、SBHS500では予熱省略が可能となる。本橋は、世界に向けた東京港の玄関口にふさわしい美しい景観を創造するため、大型トラス橋では世界初となる、部材連結のボルトを使用しない全断面溶接工法が採用されている。また、現場溶接の際は防風室と呼ばれる狭隘な空間での作業となるため、予熱省略による製作性改善に留まらず溶接作業への負荷軽減にも繋がっている。また、平滑部に比べ相対的に防食性能の低下する橋梁外面の凸部（ボルト部）

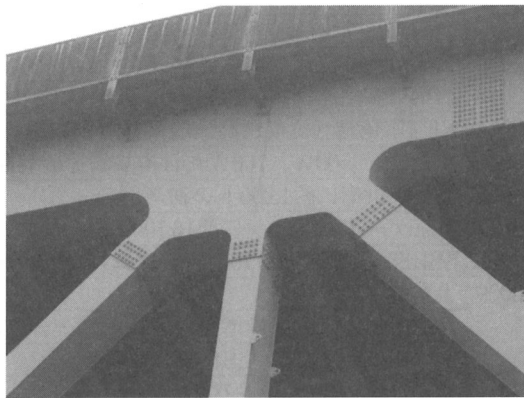


図 2 トラス橋格点部（左：東京ゲートブリッジ、右：一般橋）

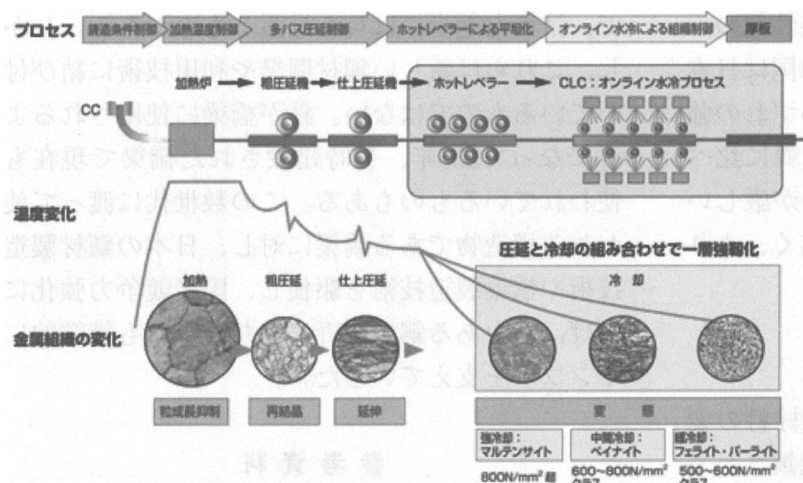


図 3 TMCPの概要と金属組織変化の様子⁶⁾

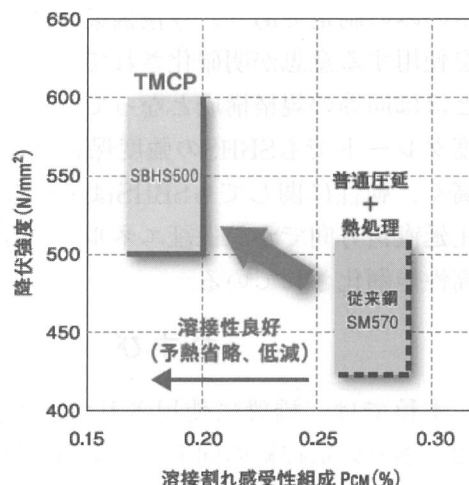


図 4 TMCPによる鋼材性能向上⁷⁾

が排除されることで、供用後長期にわたる維持管理コスト縮減も期待されている（図2）。

また、「道路橋示方書」（日本における橋や道路等に関する技術基準）では50キロ鋼・60キロ鋼・耐候性鋼に対し溶接入熱量が7 kJ/mm以下に制限されているため、同じ板厚でも鋼種により開先形状が異なる等課題があった。そこで、SBHS400 (W)、SBHS500 (W) ではSM490と同等である10kJ/mmに対応できる鋼材とすることにより、溶接パス数を減らした効率的な大入熱溶接や開先形状の統一が可能な仕様となっている。

（3）製造方法と化学成分

前述のように、SBHSは合金成分を抑制して溶接性確保しながら高強度を確保するため、TMCPでの製造を前提としている。このような特性を確保するため、炭素（C）の抑制と共に各化学成分や不純物元素を大幅に低減した規格とされている。橋梁部材では、板厚方向に力を受ける継手が多く存在するため、耐ラメラテア特性に影響を及ぼす硫黄（S）を従来鋼の6分の1程度となる0.006%以下に抑えるとともに、厚さ方向特性としてJIS G 3199の最高レベルである絞り値Z35の性能に配慮して製造することとした。また、曲げ加工後の性能確保のため歪時効特性を配慮して窒素（N）についても規制を設けた規格となっている。

◇ 海外の橋梁用高性能鋼

日本の橋梁用高性能鋼開発に前後し、米国・韓

国でも同様の取組みがされ、実橋梁への適用が始まっている。

米国では、1992年からFHWA（連邦道路庁）・AISI（米国鉄鋼協会）・US-NAVY（海軍研究所）からなる橋梁用高性能鋼開発の国家プロジェクトが始まり、1997年に最初のHigh Performance SteelであるHPS485Wが、2001年にHPS385W、2004年にHPS700Wが相次いでASTM規格化（A709）され、ほぼ並行して設計ガイドラインも整備・公開された。2008年時点で既に200橋以上が供用され、200橋以上が設計中とのことである。米国では最初政府主導によって開発が行われ、大学で研究を行い、鉄鋼メーカーが仕様に基づいて鋼板製造・評価を行う、まさに産官学共同開発であり、成果は直ちにスペックインされ実橋梁への適用も積極的に図られている。

韓国では従来JIS規格鋼材が用いられてきたが、日米の開発状況を参考にして2005年から独自の橋梁用高性能鋼の開発が始まり、2007年に初めてHSB500、HSB600が規格化され（KS D3868）、同年にデザインコードが発行されている。また、2008年には耐候性仕様が、2009年にはHSB800が追加規格化され、現在に至っている。このように鋼材開発と合せて設計指針が発行された結果、韓国では2007年の仁川大橋にSM570の代替材としてHSB600が1,400トン採用され、2010年1月迄に46,800トン採用されている。

各国の橋梁用高性能鋼を比較すると、強度メニューはほぼ同じ構成であるが、米国では耐候性規

格のみの制定であり、今後橋梁には耐候性鋼のみを使用する意思が明確化されている。韓国は日本とほぼ同等の規格構成となっている。いずれの強度グレードでもSBHSの強度保証値は米韓に比べ高く、靱性に関してもSBHSは試験方向が厳しい圧延直角方向でかつ保証エネルギーも高く、より高性能鋼化されている。

むすび

本稿では、橋梁に使用されてきた鉄材料の変遷、鋼材製造技術の向上、橋梁用高性能鋼としての要求性能提案、それを具現化する鋼材開発、実橋梁への適用、JIS規格化等について紹介した。SBHSは従来から橋梁に使用されている鋼材を、基本的にはその規格範囲で橋梁として必要な性能に関して高性能化したものであるが、現時点では設計や施工においてその性能を全て活かしきっている訳ではない。新しい技術の導入は、マニュアル化されたもの造りの現場において、より良いものを、より効率的に如何に活用するか、様々な提案を生む効果もある。

日本では、本橋や本州四国連絡橋など大型橋梁の製造技術がこれまで担保されてきたが、残念ながら国内の案件は少なくなっている。一方、アジア圏を中心とした各国では長大橋建設が旺盛

で、技術力進歩には目を見張るものがある。しかし、これらは新しい鋼材開発や利用技術に結び付いているものではない。鉄が橋梁に使用されるようになって235年、当時建設された橋梁で現在も使われているものもある。この数世代に渡って使われる構造物である橋梁に対し、日本の鋼材製造技術や橋梁製造技術を駆使し、国際競争力強化に繋げ、活力ある鋼橋分野に育ち、今後も継続的にインフラを支えていきたい。

参考資料

- 1) 日本鋼構造協会：次世代土木鋼構造研究特別委員会 高機能鋼材の橋梁への利用小委員会 高機能・高性能鋼材の橋梁への利用研究報告、2000.3
- 2) 三木千壽、市川篤司、楠隆、川端文丸：橋梁用高性能鋼材（BHS500、BHS700）の提案、土木学会論文集、No.738/I-64、P.1-10、2003.7
- 3) 国土交通省関東地方整備局：東京港臨海大橋（仮称）への橋梁用高性能鋼材（BHS鋼）の適用、テクノアングル、No.38、P.14-15、2005.10
- 4) 日本規格協会：橋梁用高降伏点鋼板 JIS G3140、2008.11
- 5) 大谷満、今井平佳、大植健、根津和近、村尾裕二、大久保武男：永田橋の設計と施工、橋梁と基礎、P.17-22、2011.11
- 6) 吉江淳彦：鉄の薄板、厚板が判る本。日本実業出版社、P.66、2009
- 7) 日本鉄鋼連盟（橋梁用鋼材研究会）：一般橋梁から超大橋にいたるまで建設コスト縮減に寄与する橋梁用高性能鋼材、P.3、2012

Ⅲ. 会員メーカーの建設関連材料・技術

愛知製鋼(株)

ステンレス鋼構造物の エンジニアリング

まえがき

当社は、ステンレス丸棒、形鋼、鉄筋などのステンレス条鋼の製造に加え、設計協力・工場製作・現場施工など“ステンレス鋼構造物のエンジニアリング”も手掛けています。建設材料として、ステンレスは高価な材料であり、その特長が評価されて初めて検討対象となり、製作コストを出来るだけ抑えることで採用に至ります。当社では、最も歩留まり良く材料を手配し、最も安価な製作方法を提案することで、ステンレス鋼構造物の普及を図っています。

◇ 設計協力

①鋼種選定の提案：要求される性能（耐食性、高温・低温特性、非磁性、意匠性）を満足するステンレス鋼を提案します。②歩留向上：ステンレス条鋼メーカーとして、必要長さでの素材調達を提案します。定尺長さではなく、長め・短めなど圧延段階で必要長さに切断します。また、アラカルト溶接形鋼では、必要な形状・長さでの製作を提案します。③設計協力：ステンレス鋼の特徴を考慮した施工方法を提案します。特に、ステンレスの適用実績の少ない分野では、設計段階から協力することで、設計不良、施工不良を無くし、ステンレスの有効活用を促します。

◇ 工場製作

①ステンレス鋼の調達：ステンレス丸棒、形鋼、鉄筋だけでなく、関係者の協力を得て、工場製作に必要な厚板、薄板、丸パイプ、角パイプ、ボルト類などを手頃な価格で調達します。②ステンレス鋼の特性を考慮した工程設計：ステンレス鋼（オーステナイト系ステンレス鋼）は普通鋼に比較し、熱伝導率が約1/3と低く、熱膨張率が約1.5倍と高く、溶接による工場製作では様々な配慮が

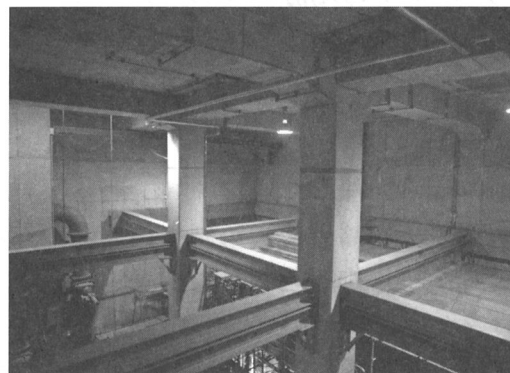


写真 1 適用事例：ポンプ場の耐震補強

必要です。豊富な経験を活かし、最適な製作工程を提案します。③ステンレス鋼専用設備：社内および協力会社にステンレス鋼専用の溶接・切断等の工場・設備を保有しています。これにより、製作時のもらい錆などを防ぎます。

◇ 現場施工

①異材溶接方法の提案：ステンレス鋼構造物では多くの場合、普通鋼などの異材との接合が必要になります。電食として最も懸念される接合です。豊富な実績をもとに、最適な異材接合（現場溶接、ボルト締結）を施工します。②溶接技能者：豊富な実績からステンレス鋼に熟練した溶接技能者を配置します。

◇ 製作事例

写真1はコンクリートの柱を建築構造用ステンレス鋼SUS304Aの溶接H鋼で補強した事例です。溶接H鋼の製作だけでなく、現場実測のアンカー位置に合わせ、工場製作時にボルト孔も加工しています。

むすび

社会インフラの老朽化、インフラ維持・補修費用の増大が問題視される昨今、耐久性に優れるステンレス鋼は注目の建設材料です。多くの鋼構造物でステンレス鋼が活用されるよう、また、安全な社会の構築に貢献できるよう関係各所へ働きかけていきます。

〔愛知製鋼(株) 技術本部 ながかわ ひでき
特 品 事 業 部 中川 英樹〕

社会インフラの高耐久化に貢献する ステンレス鉄筋コンクリートバー 『サスコン』

まえがき

ステンレス鉄筋の最大の特徴は“優れた耐食性”にあり、塩害環境においても腐食することなく、コンクリート構造物の高耐久化に貢献できる素材です。社会インフラの老朽化、インフラ維持・補修費用の増大が問題視される昨今、注目される建設材料です。当社のステンレス鉄筋コンクリートバー『サスコン』の商品レパートリーを紹介しします。

◇ JIS規格のステンレス鉄筋 “SUS304-SD & SUS410-SD”

当社のJIS規格製品を表1に示します。オーステナイト系ステンレス鉄筋“SUS304-SD”は、非常に耐食性に優れ、さらに非磁性を特長とするステンレス鉄筋です。フェライト系ステンレス鉄筋“SUS410-SD”は、エポキシ樹脂塗装鉄筋などの代替となり得る、素材自体が耐食性に優れたステンレス鉄筋です。強度区分も295、345、390と豊富に取り揃えおり、建築分野では特に非磁性用途、土木分野では橋梁、港湾などの耐食用途で適用が拡大しています。

表 1 ステンレス鉄筋（JIS規格製品）の種類

種類の記号	相当鋼種	強度区分	寸法	形状	長さ
SUS304-SD	SUS304	295B	D10 ～ D38	横節 (竹節)	4～6 M
	SUS304N2	345			
		390			
SUS410-SD	SUS410L	295A			
		345			

◇ 国土交通大臣認定のステンレス鉄筋 “AUS304-SD295”

業界で唯一、オーステナイト系ステンレス鉄筋“AUS304-SD295”において、建築基準法第37条第二号に定める国土交通大臣の認定を取得しており、建築分野への普及を図っています。

◇ 細径のステンレス鉄筋 “ASCON-D4”

業界で初めて、“耐食性”と“ひび割れ分散性”を備えた細径のステンレス鉄筋“ASCON-D4”を商品化し、コンクリート二次製品への普及を図っています。この“ASCON-D4”を補強材としたプレキャスト埋設型枠（SDPフォーム）は、2012年に国土交通省東北地方整備局の函渠工工事で初適用され、今後の適用拡大が期待されます。なお、この“ASCON-D4”に関しては、当社子会社の愛鋼株式会社にて製造・販売を行っています。

むすび

ステンレス鉄筋については、2008年3月にJIS規格（JIS G 4322 鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼）が制定され、2008年9月に土木学会よりステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（案）が刊行されています。また、2012年の道路橋示方書・同解説の改訂において、Ⅲコンクリート橋編、5章 耐久性の検討の解説文に、塩害対策に関して近年採用され始めている事例の一つとしてステンレス鉄筋に関する事項が記述されています。

今後も、ステンレス鉄筋が社会インフラの高耐久化に貢献できるよう関係各所へ働きかけていきます。

〔愛知製鋼(株) 技術本部 なかがわ ひでき
特 品 事 業 部 中川 英樹〕

“特集” 編集後記

昨年5月に東京に開業した新ランドマーク・東京スカイツリー®は、半年で展望台来場者が328万人を越え、東京のガイドブックでも今一番ホットなスポットとして巻頭を飾っています。また、技術雑誌での紹介も多いですが、鉄鋼技術についての詳しい説明は少ない状況です。このような背景の中、東京スカイツリーと、やはり昨年2月に開通した東京ベイブリッジをテーマに特集が組まれることになりました。

本特集号の小委員長に指名された段階で、東京スカイツリーの展望台に登ってみました。他のタワーでは見られない展望で、飛行機から見える景色に近い感じでした。気が付いたのは、弊社からスカイツリーは良く見えるのに、スカイツリーからは弊社のあるビルがどこかが分からないことです。如何に図抜けた存在であるかが登って初めて分かりました。また、レインボーブリッジはビルの影になって見え難いのに、普段はどこにあるか分からない東京ベイブリッジの壮大な姿がはつき

りと見えたことも印象的でした。本特集の2つのランドマークの超越性がよく分かった、そんなスカイツリー展望台体験でした。

スカイツリーには東京タワーで目立つリベットがなく、心柱の周りを多数の丸い柱が取り巻く構造となっています。これらの長い柱はどんな材質で、どのように作られたのだろうか？…最近、高層ビルを作るクレーンがどのように上に登り、どのように消えるのかの解説はあるが、東京ベイブリッジでもクレーンが使われたのだろうか？…高速エレベータのワイヤーロープ、軸受の特徴は？…本号は、そんな鉄鋼材料に関する素朴な疑問に答えてくれる特集になっていると考えます。

本号の内容が、読者の方々の豆知識となり、スカイツリーやベイブリッジへ是非行ってみようと思われたら、本特集号の意義もあったと考えます。最後に、本号の特集に寄稿頂きました皆様に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

〔日立金属(株) 加田 善裕〕
高級金属カンパニー

業界のうごき

井上特殊鋼、室戸のグループ会社 本社工場を移転

井上特殊鋼のグループ会社でローリング鍛造を行う富士鍛工（本社＝高知県室戸市吉良町）は、国、県の津波高や浸水予測を受け、本社・室戸工場を同市の高台に移転することを予定している。室戸市側が進めている約2万3,000m²の代替地確保が完了後、早くも本年12月ごろから、新工場建屋の建設および移転を順次開始する見通し。

設備については、リングローリングミルなど、既存設備を一部移設するとともに新鋭機の導入も行う。移転完了後、既存の本社工場（敷地面積1万1,200m²）は、隣接する同じ井上特殊鋼グループの型打鍛造メーカーの山崎機械製作所の室戸工場が有効活用する予定。

東日本大震災以降、国や高知県による津波高や浸水予測が大幅改定されたことを受け、生産供給拠点が高知県内のみで富士鍛工では、本社工場移転を検討していた。

（1月22日、産業新聞）

岡谷鋼機、上海に鍛造金型製造合併 自動車産業向け拡販

岡谷鋼機は、中国上海市に南海鋼材（本社・大阪府堺市、鍛造用金型及び型部品の製造販売）上海宇津野汽車模具有限公司と合併で、熱間鍛造用金型製造会社「南鋼岡谷模具（上海）有限公司」（仮称）を設立することを決めた。

新会社は、資本金1億4千万円相当で出資比率は南海鋼材が50%、岡谷鋼機43%、上海宇津野汽車模具有限公司7%。董事長には福原實晴南海鋼材社長、総経理には福原千晶南海鋼材取締役が就任する。

南海鋼材の持つ技術力を生かし、上海宇津野汽車模具の販売網を活

用。今後も成長が見込まれる中国の自動車産業向けに鍛造金型製品を拡販し、ユーザーのニーズに対応する。

（2月1日、鉄鋼新聞）

佐久間特殊鋼、タイ合併操業本格化 3社、3年以内に黒字化へ

佐久間特殊鋼は昨年、タイ・チョンブリ県のピントン工業団地内に車用品の合併会社3社を相次いで立ち上げたが、各社とも順調なスタートとなっており、受注活動の本格化に伴い受注量が伸びてきている。今後は年末までに現設備でのフル操業を目指すとともに、3年以内に単年度黒字化を実現させる方針だ。

同社が立ち上げた合併企業はニホンパーツ（タイランド・昨年6月設立）、トシマ（タイランド・同7月設立）、ミエセイキ（タイランド・同6月設立）の3社。

合併企業の内、スタートの早かったところは操業開始から半年を経過しているが、タイに進出している日系の自動車部品メーカーや一部ベトナム向けなどで順調に受注量を増やしており、現有設備能力に対して今年中にはフル生産状況にまで引き上げ、早期の単年度黒字化を実現させることにしている。（2月18日、産業新聞）

三興鋼材、相模原加工センター レイアウトを一新

三興鋼材は、同社最大の加工拠点、相模原加工センターのシャーリング切断機2台を撤去し、新たに約1億円を投じて6m対応のシャーリング切断機を導入、このほど本格稼働を開始した。従来の6mおよび4mシャーリング切断機があったスペースを有効活用し、工場の中心に鋼板在庫を置いた。在庫ヤードの周辺にレーザ加工機、シャーリング機、ウォータージェットなどの機械を配置。作業の効率化と安全性を確保し

た加工センターに生まれ変わった。

12月に導入したシャーリング切断機は関西鉄工所製で、板厚16ミリ、長さ6,100ミリに対応する。

同拠点は、2年前に4kWレーザ加工機を1台新設、レーザは6Kwレーザとの2基体制になった。他の加工設備を含め生産性が向上したことで即納体制をさらに強化し、新規受注に結び付けたい考え。

（2月1日、産業新聞）

住商特殊鋼、北関東の即納体制強化 地元密着営業を展開

住商特殊鋼は、北関東支店（群馬県館林市）における地場・近隣の顧客向けに金属材料の即納サービスを強化している。これまで物流拠点だった同拠点に、営業社員3人を配置し、材料納期を大幅に短縮した。住友商事との一体運営により、ステンレス・合金鋼などのほか、鍛造・切削・研磨・熱処理・メッキ・BTAなどの加工を施した金属加工部品にも注力しながら、ユーザーニーズを幅広くとらえていきたい考え。

住特は営業体制を強化するため昨年12月、北関東支店に営業部門を設置し、地元に着目した営業展開を目指している。館林の北関東物流倉庫は、敷地面積が2万3,198m²、倉庫面積8,441m²と、業界では最大級の規模を誇る。ただ営業部門を置いていなかったため、十分にカバーできていなかった。

メーンの扱い品種である構造用鋼やステンレス丸棒などのほか、加工部品、マグネット製品の拡販にも注力する方針。（1月29日、産業新聞）

大同DMソリューション 関東・中部の拠点集約

大同DMソリューションは、今年5月に関東・中部の在庫・営業拠点を集約する。また、来年度中には関

業界のうごき

西でも拠点集約を進め、10拠点に絞り込む。関東・中部の集約で10人程度の人員を削減。また重複在庫を見直し在庫を圧縮。

中部では、愛知県小牧市（旧大同マテックス）と東海市（大同興業）の在庫を大府市の倉庫（旧石原鋼鉄）の隣接地の倉庫に集約。この新倉庫を中部在庫センターとし、中部地区の工具鋼の基幹物流基地としていく。

関東では大同特殊鋼川崎テクノセンターの海外グループ会社向け在庫を埼玉県松伏町（旧石原）に集約。この倉庫を関東在庫センターとし、関東地区の基幹物流基地にする。

同社の在庫拠点は、昨年7月の設立時16カ所に集約。さらに集約してコスト低減を図り、金型需要の回復がなくても利益の確保ができる体制を構築していく。（2月18日、鉄鋼新聞）

千曲鋼材、倉庫復旧工事が完了 在庫能力7,000トンに拡大

千曲鋼材はこのほど、浦安鉄鋼団地にある第二、第三倉庫の改修工事が完了し、浦安に4棟ある全ての倉庫の震災復旧工事を終えた。4棟の在庫能力は4,000トンから7,000トンに拡大。

今後は、高張力鋼板、耐摩耗鋼板、橋梁用CT形鋼などの鋼種やサイズを拡充する考え。

第2倉庫は昨年11月、第3倉庫は年末から今年初めにかけて地盤改良及び改修工事を行った。第二倉庫は特殊鋼の形鋼やパイプ、第三倉庫は形鋼、パイプ、鋼板を置く。同時に第三倉庫には1トン門型クレーン1基を新設、エレベーター用のカウンターウェイトを製造するスペースを設けた。

震災復旧工事が完了したことで、高張力鋼板や耐摩耗鋼板の鋼種、サイズを拡充するほか、橋梁用CT形鋼はこれまで扱ってきた長さ8m、

9m、10mに加え、7mを追加ラインアップする。顧客の歩留まり向上を狙ったもので、店売り部門を一層強化する。（2月15日、産業新聞）

豊田通商、ロシアで車部品生産 日系向けアツミテックと合併

豊田通商はロシア国内での日系自動車部品メーカーの現地調達拡大に対応し、エンジン部品の製造・販売を手掛けるアツミテック（本社・浜松市）と共同で、自動車用トランスミッションの製造・販売事業を開始すると発表した。豊通は現地で加工、物流、倉庫などの供給網を構築する。

設立したのは「アツミテック・トヨタウシヨウ・ロシア」で、本社は同国・サマーラ州トリヤッチ市内。資本金は800万ルーブル（約2,400万円）で、アツミテック51%、豊通が49%出資。両社各2人の役員を派遣する。

自動車用のオートマチック及びマニュアル・トランスミッションのシフター・システムを、ロシア最大の自動車メーカーであるJSCアフトロワ社向けに製造・販売する。

ロシアの自動車市場は、足元年間140万台程度だが、2020年には約400万台へと大幅に増える見込み。

（2月14日、鉄鋼新聞）

日鐵商事、住金物産合併へ 鉄鋼、繊維など6事業がコア

日鐵商事と住金物産は、今年10月1日をめどに経営統合（合併）の検討に入ることで合意したと発表した。両社の連結売上高は合わせて約1兆9千億円（12年3月期）で、鉄鋼では売上1兆3千億円程度の規模。「鉄鋼に加え繊維、食糧、原燃料、機械、インフラ事業の6つのコア事業を複合的に展開する商社として、持続的成長を目指すことで合意した。経営統合の目標は、①事業競争力

の向上および事業の拡充、②グローバル戦略の加速、③強固な経営基盤の確立。事業競争力の向上では、各々が得意とする商品・サービスと営業ネットワーク、製造加工拠点を組み合わせ相互補完する。

両社社長を共同委員長とする「統合検討委員会」を設置。4月をめどに合併契約を締結。6月末に開く両社の株主総会に図り、10月1日の発足を目指す。経営統合比率は外部評価機関の評価を踏まえて決める。

（2月8日、鉄鋼新聞）

山一ハガネ、技術開発センター稼働 航空機・エネなど新規分野に進出

山一ハガネは、本社敷地内に技術開発センター（通称=AEROV「エアフロ」）を建設していたが昨年末までに設備の設置を完了、このほど稼働を開始した。稼働本格化によりビジネスの幅を拡大、新規需要分野進出への足掛かりとする。

このほど完成、稼働を開始した技術開発センターは建築面積が2,152m²、延べ床面積は2,425m²。昨年6月初めから建設工事に着手していたが、10月末に建屋の引き渡しが行われ諸設備を設置、年明けから稼働を開始した。センター内には世界最大級の3次元測定器、多数の同時5軸加工機などを設置している。設備のほとんどはサブミクロン単位の制御ができ、精度保証も行うため室内温度は常に20℃±0.5℃に設定しているのが大きな特徴だ。

従来の自動車関連だけでなく、航空機やエネルギー分野なども視野に入れ事業拡大を図る。

（2月4日、産業新聞）

愛知、電磁品事業の体質強化 自動車以外の用途開発

愛知製鋼は、電磁品事業の早期黒字化に向け体制を整備する。磁石製

業界のうごき

品に加え、磁粉で販売する体制を確立したほか、自動車以外での用途開発、営業強化などを推進。電子コンパスでは携帯電話向けの販路拡大と体質強化策を推進する。メインの特殊鋼鋼材事業がユーザーの海外生産移転やグローバル化で改革を迫られている中、電磁品事業の経営体質を再度見直して収益面でも貢献できる事業へと育成する。

携帯電話などで用途が拡大しているMIセンサ（電子コンパス）とマグファインによる磁石製造・販売事業がメイン。ここ数年は、設備や研究開発などの先行投資がかさむことや、国際競争の激化、原材料の高騰などで黒字化の定着はまだ実現できていない状況。

磁石事業は、レアアース等素材価格の上昇やユーザーからのコストダウン要請などもあり、さらなる競争力の強化が課題となっている。

（1月30日、鉄鋼新聞）

山陽、CO₂排出量大幅減少 08～11年度平均22%減

山陽特殊製鋼の2011年度のCO₂排出量は、生産量が大幅に増加したため90年比6%減となったが、08～11年度の平均排出量は22%減と大幅に減少するなど、比10%削減の中期計画目標を達成した。同時に注力する省資源・省エネルギー対策では、重油から天然ガスへの燃料転換も94%まで進んでいる。

同社では、日本政府のCO₂削減目標数値より高い自主行動目標値を策定し、08年度以降中計に連動する形で推進。08年度から年間100億円超実施した設備投資の多くが、省資源や省エネルギーに寄与。

12年7月からは第2製鋼工場に続き、第1製鋼工場でも連続鑄造設備を本格稼働させており、従来のインゴット鑄造設備に比べて生産効率が

良いため、省エネルギー化のさらなる推進に寄与するとしている。

（1月15日、産業新聞）

JFE条鋼・東部条鋼製造所 粗圧延ミル更新完了

JFE条鋼の東部条鋼製造所は、老朽化していた鉄筋棒鋼（細物）の粗圧延ミルを更新し、1月12日から稼働を開始した。従来のHHタイプミル（開頭式、8スタンド）から、旧東北スチールのVHタイプミル（8スタンド）に据え替えたもので、1月12日のホットランで圧延性能の確認後、計画通り稼働し、順調に立ち上がった。

据替工事は12月29日から13年1月11日まで。更新したミルは旧粗圧延ミルと中間圧延ミル間に設置し、加熱炉からのビレット搬送ラインを改造し、これにつなげ、搬送工程をスムーズにした。

また、モータや減速機の据え付けなど事前工事の段取りを工夫し、通常の更新工事に比べてライン停止時間を短縮することに成功した。

東部製造所では13年度において、連続鑄造設備からの熱を保ちながらビレットを圧延ラインに送り込むダイレクト圧延への切り替えを計画している。

（1月31日、産業新聞）

新日鐵住金室蘭、北海道電に電力供給 新自家発電前倒し稼働

新日鐵住金は、この冬に北海道電力管内で懸念される電力不足の解消に向け、室蘭製鉄所（北海道室蘭市）に新設した自家発電設備を活用し同電管内に電力供給すると発表した。新設備は当初計画を約1か月半早めて先月から試運転しており、試運転中の電力約8万kWを供給する。可能な限り同電への支援体制を続け、電力需給ひっ迫の解消に協力する。

新設した自家発電設備は定格出力

12万5千kW1基。先月20日に北海道電への送電を開始し、今月7日からフル稼働に入った。当初送電予定はなかったが、同電からの電力供給要請に対応し、試運転開始のスケジュールを約1か月半繰り上げた。営業運転は計画通り4月に開始する。

北海道電には定格出力12万5千kWのうち約8万kWを供給する。また室蘭製鉄所が通常同電から購入する数万kWも抑制。

（1月29日、鉄鋼新聞）

日立、子会社に表面改質設備 大型鍛造用金型を長寿命化

日立金属は航空機・エネルギー材料に関するグループの生産体制を強化する。神戸製鋼所などと共同出資する日本エアロフォージ（本社・岡山県倉敷市）が世界最大級の5万トン型打鍛造プレスを今春から本稼働させるのに合わせて、グループ会社のデムス（本社・東京都千代田区）が西宮テクニカルセンター（兵庫県西宮市）に金型表面改質設備や加熱炉を導入する。

日本エアロフォージは航空機・エネルギー関連の大型鍛造品部材を生産していくが、熱間加工性が極めて悪い超耐熱合金などを鍛造するため、負荷の大きい大型鍛造用金型の長寿命化技術が生産性向上に欠かせない。

日立金属は、新日鐵住金と共同出資する金型材加工流通のデムスの西宮TCを日本エアロフォージ関連の金型加工拠点の一つに位置づけており、金型表面改質設備などを同TCで導入する。

（2月19日、鉄鋼新聞）

おことわり：この欄の記事は、最近月における業界のおよその動向を読者に知らせる目的をもって、本誌編集部において鉄鋼新聞ほか主要な業界紙の記事を抜粋して収録したものです。

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他	計	
'11 暦年	249,273	4,616,659	4,039,110	8,655,769	427,775	1,117,301	2,931,487	744,318	5,380,181	833,755	11,434,817	20,339,859
'12 暦年	226,595	4,583,118	3,934,190	8,517,308	425,252	976,986	2,819,105	705,693	5,607,393	617,671	11,152,100	19,896,003
'10 年度	268,456	4,789,705	3,919,752	8,709,457	433,475	1,036,426	3,112,544	808,958	5,697,455	857,115	11,945,973	20,923,886
'11 年度	242,207	4,668,645	4,110,473	8,779,118	434,274	1,127,858	2,863,668	727,115	5,354,346	772,025	11,279,286	20,300,611
'12. 1-3月	56,170	1,236,552	1,077,411	2,313,963	111,879	283,972	703,504	187,888	1,385,817	158,955	2,832,015	5,202,148
4-6月	57,695	1,174,592	1,063,309	2,237,901	113,931	277,311	729,481	187,857	1,518,776	165,653	2,993,009	5,288,605
7-9月	57,969	1,167,822	938,881	2,106,703	106,942	232,774	716,864	174,236	1,441,344	162,684	2,834,844	4,999,516
10-12月	54,761	1,004,152	854,589	1,858,741	92,500	182,929	669,256	155,712	1,261,456	130,379	2,492,232	4,405,734
'11年 11月	18,150	426,079	370,333	796,412	37,419	100,839	210,556	65,182	529,268	61,975	1,005,239	1,819,801
12月	18,713	413,023	359,748	772,771	42,855	99,562	196,442	63,641	438,067	50,538	891,105	1,682,589
'12年 1月	18,675	408,626	355,517	764,143	36,747	95,048	217,805	58,771	469,382	48,402	926,155	1,708,973
2月	19,187	405,399	354,966	760,365	37,736	93,186	240,907	63,622	443,887	47,840	927,178	1,706,730
3月	18,308	422,527	366,928	789,455	37,396	95,738	244,792	65,495	472,548	62,713	978,682	1,786,445
4月	17,140	380,029	365,570	745,599	35,838	89,329	238,532	56,124	495,959	41,969	957,751	1,720,490
5月	20,746	396,903	364,204	761,107	42,020	95,275	242,862	67,523	560,654	60,587	1,068,921	1,850,774
6月	19,809	397,660	333,535	731,195	36,073	92,707	248,087	64,210	462,163	63,097	966,337	1,717,341
7月	20,574	397,141	344,017	741,158	35,376	80,305	240,756	58,894	517,173	53,393	985,897	1,747,629
8月	18,275	380,864	301,001	681,865	34,157	76,436	239,112	57,434	501,035	57,184	965,358	1,665,498
9月	19,120	389,817	293,863	683,680	37,409	76,033	236,996	57,908	423,136	52,107	883,589	1,586,389
10月	19,832	361,308	315,741	677,049	31,327	67,458	239,870	49,775	465,053	53,095	906,578	1,603,459
11月	17,667	334,916	284,204	619,120	28,658	60,562	214,081	52,137	352,196	37,324	744,958	1,381,745
12月	17,262	307,928	254,644	562,572	32,515	54,909	215,305	53,800	444,207	39,960	840,696	1,420,530
前 月 比	97.7	91.9	89.6	90.9	113.5	90.7	100.6	103.2	126.1	107.1	112.9	102.8
前年同月比	92.2	74.6	70.8	72.8	75.9	55.2	109.6	84.5	101.4	79.1	94.3	84.4

経済産業省調査統計部調べ

形状別

(単位：t)

年 月	形 鋼	棒 鋼	管 材	線 材	鋼 板	鋼 帯	合 計
'11 暦年	500,334	6,256,373	1,498,992	4,163,728	2,087,517	5,832,915	20,339,859
'12 暦年	429,306	5,940,671	1,454,172	4,013,992	1,892,884	6,164,978	19,896,003
'10 年度	436,149	6,260,098	1,405,850	4,383,582	2,105,357	6,332,850	20,923,886
'11 年度	482,765	6,309,819	1,538,799	4,146,216	2,063,714	5,759,298	20,300,611
'12. 1-3月	111,741	1,655,247	394,385	1,048,331	480,797	1,511,647	5,202,148
4-6月	136,598	1,590,471	387,243	1,049,910	533,708	1,590,675	5,288,605
7-9月	113,716	1,439,655	345,650	1,035,409	444,249	1,620,837	4,999,516
10-12月	67,251	1,255,298	326,894	880,342	434,130	1,441,819	4,405,734
'11年 11月	31,881	573,197	127,228	369,966	237,030	480,499	1,819,801
12月	51,737	558,059	123,222	356,848	184,104	408,619	1,682,589
'12年 1月	41,754	532,998	136,362	342,774	170,803	484,282	1,708,973
2月	42,726	555,757	122,460	334,840	135,870	515,077	1,706,730
3月	27,261	566,492	135,563	370,717	174,124	512,288	1,786,445
4月	37,145	512,707	147,874	319,737	185,193	517,834	1,720,490
5月	55,320	542,575	128,944	370,178	206,748	547,009	1,850,774
6月	44,133	535,189	110,425	359,995	141,767	525,832	1,717,341
7月	48,559	507,343	126,311	342,088	143,102	580,226	1,747,629
8月	20,623	452,004	123,852	342,735	162,564	563,720	1,665,498
9月	44,534	480,308	95,487	350,586	138,583	476,891	1,586,389
10月	35,259	430,065	134,481	324,524	158,134	520,996	1,603,459
11月	17,221	425,623	108,432	278,726	123,142	428,601	1,381,745
12月	14,771	399,610	83,981	277,092	152,854	492,222	1,420,530
前 月 比	85.8	93.9	77.5	99.4	124.1	114.8	102.8
前年同月比	28.6	71.6	68.2	77.6	83.0	120.5	84.4

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張鋼	その他	計		
'11 暦年	441,844	3,966,807	4,653,986	8,620,793	273,757	547,952	3,626,549	200,660	82,191	79,046	4,810,155	13,872,792	
'12 暦年	360,170	3,947,624	4,068,239	8,015,863	247,191	543,614	2,976,768	176,204	91,149	25,210	4,060,136	12,436,169	
'10 年度	462,905	4,084,266	4,338,870	8,423,136	276,543	532,229	3,438,657	207,684	61,239	109,308	4,625,660	13,511,701	
'11 年度	436,022	3,961,080	4,615,541	8,576,621	278,975	557,870	3,259,900	196,709	87,121	54,934	4,435,509	13,448,152	
'12年 4月	33,871	350,174	351,151	701,325	22,941	52,898	244,488	13,745	6,630	2,460	343,162	1,078,358	
5月	35,345	353,980	348,292	702,272	24,908	54,413	252,112	15,148	6,760	2,143	355,484	1,093,101	
6月	27,093	332,414	344,131	676,545	21,309	50,933	250,313	15,494	7,393	2,286	347,728	1,051,366	
7月	26,849	337,404	338,895	676,299	19,316	46,510	250,073	15,265	8,116	2,005	341,285	1,044,433	
8月	24,568	307,758	324,474	632,232	18,555	38,201	238,405	12,499	7,920	1,589	317,169	973,969	
9月	24,253	312,048	326,548	638,596	16,794	40,686	246,502	14,230	7,669	1,587	327,468	990,317	
10月	25,389	317,466	332,640	650,106	18,606	64,519	250,878	15,028	9,472	1,667	360,170	1,035,665	
11月	24,785	295,197	319,514	614,711	17,292	8,577	247,116	11,990	8,585	2,428	295,988	935,484	
12月	24,151	287,254	316,406	603,660	15,994	37,949	242,025	15,545	7,191	1,828	320,532	948,343	
前 月 比	97.4	97.3	99.0	98.2	92.5	442.5	97.9	129.6	83.8	75.3	108.3	101.4	
前年同月比	68.1	83.2	90.6	86.9	65.3	88.1	97.7	98.9	121.6	91.4	94.6	88.7	

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張鋼	その他	計		
'11 暦年	8,488	190,227	116,969	307,196	24,614	38,099	122,684	30,553	197,768	32,381	446,099	761,783	
'12 暦年	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641	
'10 年度	8,496	172,140	103,840	275,980	23,338	30,420	111,558	29,060	154,845	47,895	397,116	681,592	
'11 年度	8,295	179,079	120,934	300,013	25,426	40,127	114,550	25,787	167,698	42,520	416,108	724,416	
'12年 4月	8,399	193,868	133,808	327,676	25,088	44,481	111,039	28,316	192,259	30,005	431,188	767,263	
5月	8,509	192,411	144,357	336,768	28,561	46,720	110,419	31,793	186,796	34,570	438,859	784,136	
6月	8,329	195,934	147,059	342,993	23,461	46,048	127,997	28,750	177,906	37,602	441,764	793,086	
7月	9,028	186,151	143,469	329,620	25,004	43,714	124,193	27,513	211,872	27,012	459,308	797,956	
8月	8,543	199,109	137,591	336,700	21,918	46,990	130,916	31,846	199,281	31,143	462,094	807,337	
9月	7,872	204,446	137,423	341,869	27,107	51,958	129,559	30,468	166,740	35,671	441,503	791,244	
10月	10,000	197,484	133,086	330,570	23,191	49,418	140,629	26,608	164,296	35,433	439,575	780,145	
11月	7,693	194,978	135,312	330,290	23,411	45,657	132,197	28,426	156,431	31,115	417,237	755,220	
12月	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641	
前 月 比	99.7	93.6	97.1	95.0	102.3	94.7	98.9	95.5	86.3	109.6	94.4	94.8	
前年同月比	90.4	96.0	112.3	102.2	97.3	113.5	106.5	88.8	68.2	105.3	88.3	93.9	

経済産業省調査統計部調べ

流通在庫

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張鋼	その他	計		
'11 暦年	59,145	253,243	174,301	427,544	21,518	57,780	173,543	17,188	8,031	2,218	280,278	766,967	
'12 暦年	60,030	269,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723	
'10 年度	58,255	257,087	161,527	418,614	21,846	54,551	152,234	22,431	7,125	2,218	260,405	737,274	
'11 年度	63,141	273,132	187,035	460,167	26,229	73,087	162,898	18,396	7,303	2,296	290,209	813,517	
'12年 4月	62,062	264,746	183,739	448,485	24,994	73,044	155,450	18,325	6,983	2,322	281,118	791,665	
5月	60,594	268,729	185,162	453,891	24,413	76,018	162,269	18,732	7,078	2,465	290,975	805,460	
6月	58,976	267,710	187,682	455,392	24,232	76,018	158,835	18,884	6,870	2,423	287,262	801,630	
7月	59,738	267,203	188,312	455,515	24,151	76,902	157,452	18,588	7,157	2,458	286,708	801,961	
8月	60,076	272,611	189,622	462,233	24,367	79,797	159,705	19,138	7,663	2,614	293,284	815,593	
9月	60,747	275,401	191,492	466,893	25,265	77,700	159,234	20,544	8,172	2,422	293,337	820,977	
10月	58,430	280,636	184,760	465,396	25,016	77,357	157,591	18,059	8,419	2,374	288,816	812,642	
11月	59,381	274,816	184,312	459,128	24,652	77,274	151,144	20,711	8,465	2,410	284,656	803,165	
12月	60,030	269,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723	
前 月 比	101.1	98.0	100.6	99.0	99.2	95.8	98.8	88.0	101.1	101.0	97.3	98.6	
前年同月比	101.5	106.3	106.4	106.3	113.7	128.2	86.0	106.1	106.5	109.8	98.9	103.2	

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

輸 出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼				そ の 他 の 鋼			特 殊 鋼 鋼材合計
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線 材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼	計	
'11 暦 年	34,103	424,408	540,217	964,625	183,369	1,245,945	211,120	1,640,433	15,635	5,054,857	5,070,493	7,709,654
'12 暦 年	32,468	464,300	511,422	975,722	182,974	1,176,513	117,801	1,477,289	13,140	5,353,385	5,366,525	7,852,004
'10 年 度	32,088	518,301	537,548	1,055,849	186,550	1,312,140	188,479	1,687,169	17,707	5,342,919	5,360,626	8,135,732
'11 年 度	31,409	412,032	515,762	927,794	180,097	1,212,348	179,423	1,571,868	14,676	4,893,245	4,907,922	7,438,993
'12年 4月	2,395	34,327	46,049	80,376	15,380	89,412	7,636	112,427	1,415	417,424	418,840	614,038
5月	2,270	39,909	52,703	92,612	16,203	95,183	8,547	119,933	765	606,956	607,721	822,536
6月	2,320	40,539	52,758	93,297	16,984	106,154	13,343	136,481	1,109	444,761	445,870	677,968
7月	2,558	35,118	47,728	82,846	15,802	94,326	11,926	122,054	1,275	429,764	431,039	638,497
8月	2,499	42,889	39,660	82,550	14,933	91,469	15,920	122,322	1,024	476,359	477,384	684,754
9月	2,339	44,147	37,953	82,100	12,342	101,213	11,653	125,207	1,529	427,459	428,987	638,634
10月	2,933	38,017	38,865	76,882	17,639	103,336	7,548	128,523	1,127	447,262	448,389	656,727
11月	2,403	39,495	35,614	75,109	11,471	95,411	8,374	115,257	1,072	392,715	393,787	586,556
12月	6,663	39,907	46,088	85,995	14,343	89,259	8,629	112,232	642	421,674	422,316	627,205
前 月 比	277.3	101.0	129.4	114.5	125.0	93.6	103.0	97.4	59.9	107.4	107.2	106.9
前年同月比	252.5	126.8	97.6	109.3	113.6	99.9	134.9	103.6	50.2	105.0	104.8	105.8

財務省通関統計

輸 入

年 月	工具鋼	ばね鋼	ス テ ン レ ス 鋼						快削鋼	その他の鋼			合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	計		高炭素鋼	合金鋼	計	
'11 暦 年	5,781	881	665	11,941	9,319	156,308	11,030	189,263	85	29,045	174,950	203,995	400,005
'12 暦 年	6,876	972	988	15,546	9,898	135,655	11,368	173,454	274	26,242	333,222	359,464	541,040
'10 年 度	5,439	1,157	866	11,315	9,305	142,188	8,720	172,393	2	13,278	118,915	132,193	311,184
'11 年 度	6,495	736	817	13,714	9,745	159,034	11,299	194,609	120	27,334	209,170	236,504	438,465
'12年 4月	551	35	137	1,169	885	11,488	972	14,652	24	3,858	19,274	23,132	38,393
5月	924	62	150	1,172	873	11,079	936	14,210	19	2,623	13,950	16,573	31,787
6月	323	125	56	1,097	870	11,694	1,007	14,723	-	1,785	17,126	18,911	34,083
7月	549	123	41	1,331	725	12,014	986	15,097	37	2,951	35,986	38,938	54,744
8月	525	113	48	1,249	543	9,507	1,037	12,384	17	1,503	24,947	26,449	39,488
9月	483	131	78	1,554	779	9,039	988	12,438	36	1,731	30,811	32,542	45,629
10月	407	76	33	1,063	1,069	11,112	959	14,237	-	2,293	49,123	51,415	66,135
11月	390	109	30	1,336	794	12,580	890	15,631	41	1,852	55,648	57,501	73,672
12月	428	70	100	1,285	811	10,319	1,080	13,595	66	3,915	26,723	30,638	44,797
前 月 比	109.8	64.0	329.6	96.2	102.1	82.0	121.3	87.0	160.1	211.4	48.0	53.3	60.8
前年同月比	61.7	177.4	113.7	126.5	116.3	72.4	127.1	80.4	1,357.0	772.6	86.4	97.5	91.3

財務省通関統計

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新 車 登 録		建設機械生産		産業車輛生産		機 械 受注額	産業機械 受注額	工作機械 受注額
		うち トラック		うち トラック		うち トラック	ブル ドーザ	パワー ショベル	フォーク リフト	ショベル トラック			
'11 暦 年	8,398,630	1,135,996	4,464,413	423,767	4,210,219	674,780	6,887	135,303	114,789	12,043	88,961	52,656	13,262
'12 暦 年	9,942,711	1,266,272	4,801,191	476,919	5,369,721	785,450	6,877	147,987	114,097	12,044	88,134	52,392	12,124
'10 年 度	8,993,839	1,146,804	4,806,058	437,594	4,601,135	709,410	4,938	111,973	106,058	10,066	84,480	47,463	11,136
'11 年 度	9,266,957	1,244,733	4,621,975	448,275	4,753,273	732,158	7,435	145,100	118,129	12,476	89,742	59,270	13,111
'12年 4月	799,470	97,891	402,389	40,717	359,630	52,367	668	12,319	9,361	900	7,886	2,365	1,073
5月	781,345	99,867	387,776	36,389	394,947	56,235	646	11,734	9,112	841	6,719	2,366	1,048
6月	893,145	113,575	431,020	45,035	505,341	71,693	705	12,899	10,022	921	7,097	4,492	1,087
7月	922,679	113,357	417,958	40,007	513,125	67,099	666	12,914	10,143	1,000	7,421	2,828	1,057
8月	735,999	92,230	344,049	33,769	370,776	54,155	577	11,474	9,058	927	7,173	2,685	963
9月	774,010	101,084	384,068	42,729	446,686	67,961	465	11,798	9,831	1,127	6,862	4,304	1,074
10月	792,166	100,601	384,774	35,783	359,333	59,271	378	12,851	10,231	1,316	7,044	3,275	943
11月	767,601	104,455	382,778	40,686	393,941	68,788	413	11,986	9,524	1,231	7,321	3,602	882
12月	702,285	96,349	399,589	43,352	338,504	53,649	451	10,354	8,280	935	7,529	4,206	841
前 月 比	91.5	92.2	104.4	106.6	85.9	78.0	109.2	86.4	86.9	76.0	102.8	116.8	95.4
前年同月比	82.8	84.9	87.3	96.3	96.9	91.7	71.0	79.0	85.8	72.0	101.4	77.1	72.5

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2 0 1 2 年 1 2 月 分

鋼種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)	1987～2012年随時			
						年月	ピーク時	年月	ボトム時
工 具 鋼	生産高	17,262	97.7	92.2	77.6	91. 3	29,286	09. 4	5,565
	輸出船積実績	6,663	277.3	252.5	186.1	87. 3	10,368	09. 6	693
	販売業者	受入高計	24,800	96.4	68.6	11. 9	51,246	09. 2	10,035
		販売高計	24,151	97.4	68.1	11. 9	52,655	09. 2	13,875
		消費者向	18,143	98.0	91.4	12. 2	22,745	09. 2	6,438
		在庫高計	60,030	101.1	101.5	11. 4	66,956	87.10	31,813
	生産者工場在庫高	7,673	99.7	90.4	68.4	91.10	17,876	09.11	4,204
	総在庫高	67,703	100.9	100.1	143.6	11. 4	76,339	88. 1	41,105
	生産高	562,572	90.9	72.8	103.6	08. 3	843,564	09. 3	265,273
	輸出船積実績	85,995	114.5	109.3	508.0	10. 3	99,546	92. 1	10,222
構 造 用 鋼	販売業者	受入高計	599,168	98.5	84.4	08.10	1,157,330	98. 8	257,445
		販売高計	603,660	98.2	86.9	08. 7	1,154,349	99. 8	253,971
		消費者向	387,134	97.1	92.1	08. 7	683,173	98. 8	166,732
		在庫高計	454,636	99.0	106.3	12. 9	466,893	87.10	169,822
	生産者工場在庫高	313,902	95.0	102.2	104.9	12. 6	342,993	09. 4	176,539
	総在庫高	768,538	97.4	104.6	142.4	12. 9	808,762	87.12	427,089
	生産高	32,515	113.5	75.9	76.4	89. 3	60,673	09. 3	9,842
	輸出船積実績	14,343	125.0	113.6	113.3	06. 5	27,829	09. 3	2,409
	販売業者	受入高計	15,804	93.4	61.7	11. 9	35,943	09. 3	5,996
		販売高計	15,994	92.5	65.3	11. 9	33,727	09. 4	6,339
		消費者向	6,279	89.5	83.5	90.10	23,876	09. 3	2,096
		在庫高計	24,462	99.2	113.7	12. 3	26,229	03. 9	1,534
ば ね 鋼	生産者工場在庫高	23,953	102.3	97.3	74.6	95.12	41,374	09. 3	15,277
	総在庫高	48,415	100.7	104.9	137.1	12. 5	52,974	02. 9	23,836
	生産高	215,305	100.6	109.6	79.7	07. 3	330,543	09. 2	116,542
	輸出船積実績	89,259	93.6	99.9	87.8	08. 3	153,275	90. 1	27,186
	販売業者	受入高計	240,183	99.8	93.2	06. 5	587,740	09. 2	88,978
		販売高計	242,025	97.9	97.7	06. 5	587,941	09. 2	88,740
		消費者向	55,055	96.3	92.9	08. 9	322,918	96. 3	30,365
		在庫高計	149,302	98.8	86.0	12. 1	174,941	87. 3	51,419
	生産者工場在庫高	130,709	98.9	106.5	88.8	02. 4	188,988	09. 7	94,154
	総在庫高	280,011	98.8	94.5	108.6	01.10	352,013	88. 4	191,203
ス テ ン レ ス 鋼	生産高	53,800	103.2	84.5	60.7	88. 3	116,819	09. 2	22,054
	販売業者	受入高計	13,070	89.3	82.7	06. 9	25,874	09. 2	8,434
		販売高計	15,545	129.6	98.9	08. 4	26,351	09. 2	10,358
		消費者向	15,242	131.2	100.2	08. 4	23,235	04. 9	9,649
		在庫高計	18,236	88.0	106.1	07. 5	28,279	87. 1	9,364
	生産者工場在庫高	27,139	95.5	88.8	120.7	87. 1	43,166	00. 3	17,313
	総在庫高	45,375	92.3	95.0	100.0	07. 5	69,033	03. 3	31,059
	生産高	444,207	126.1	101.4	189.7	12.05	560,654	87. 2	151,890
	販売業者	受入高計	7,282	84.4	122.7	90. 2	18,841	09. 7	1,279
		販売高計	7,191	83.8	121.6	90.10	18,863	09. 8	2,035
		消費者向	5,216	79.3	125.8	90.10	9,573	10. 1	1,549
		在庫高計	8,556	101.1	106.5	99.12	20,289	10. 5	5,655
高 抗 張 力 鋼	生産者工場在庫高	134,929	86.3	68.2	80.5	12. 7	211,872	09. 5	98,548
	総在庫高	143,485	87.0	69.7	79.4	12. 7	219,029	09. 5	108,603
	生産高	94,869	96.9	63.2	40.5	-	-	-	-
	販売業者	受入高計	36,594	333.9	61.5	295.4	-	-	-
		販売高計	39,777	361.4	88.3	322.2	-	-	-
		消費者向	31,475	100.3	97.2	584.7	-	-	-
		在庫高計	76,501	96.0	127.5	577.3	-	-	-
	生産者工場在庫高	77,336	100.7	109.7	46.2	-	-	-	-
	総在庫高	153,837	98.3	117.9	85.1	-	-	-	-
	熱延鋼材生産高合計	1,420,530	102.8	84.4	105.4	08. 3	2,007,931	09. 2	697,318
特 殊 鋼 材 合 計	鋼材輸出船積実績計	627,205	106.9	105.8	186.9	12. 5	822,536	87. 1	153,788
	販売業者	受入高計	936,901	101.2	84.3	08. 9	1,697,702	87. 1	435,213
		販売高計	948,343	101.4	88.7	08. 9	1,685,031	87. 5	442,211
		消費者向	518,544	97.7	92.8	08. 9	1,038,664	98. 8	267,392
		在庫高計	791,723	98.6	103.2	12. 9	820,977	87.10	290,674
	生産者工場在庫高	715,641	94.8	93.9	93.9	98. 1	839,861	97. 2	425,932
	総在庫高	1,507,364	96.7	98.6	125.1	12. 8	1,622,930	97. 2	881,392

出所:経済産業省 大臣官房調査統計部

- 注 1. 総在庫高とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したもの。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。
2. 1987～2012年のピーク時とボトム時とは、最近の景気循環期間中の景気変動の大きさの指標を示す。
3. 「その他」のピーク時、ボトム時は掲載せず

倶楽部だより

(平成24年12月21日～平成25年2月20日)

平成25年新年賀詞交換会 (1月7日)

場 所：東京・ホテルニューオータニ
参加者：800名

編集委員会

- ・小委員会 (1月25日)
5月号特集「特殊鋼の品質管理と規格」
(仮題)の編集内容の検討
- ・本委員会 (2月1日)
5月号特集「特殊鋼の品質管理と規格」
(仮題)の編集方針、内容の確認

人材確保育成委員会

「平成24年度ビジネスマン研修講座」(2月20日、21日)
テーマ：「営業マン実践課題解決力強化研修」
講 師：日鉄住金総研(株) 尾田 友志氏
参加者：53名

流通委員会

- ・説明会 (12月27日)
「平成24年度第4・四半期の特殊鋼需要見直し」
講 師：経済産業省製造産業局鉄鋼課課
長補佐 田久保憲彦氏
参加者：35名
- ・工具鋼分科会 (2月13日)

【大阪支部】

平成25年新年賀詞交換会 (3団体共催、1月7日)
場 所：リーガロイヤルホテル
参加者：730名

【名古屋支部】

平成25年新年賀詞交換会 (3団体共催、1月8日)
場 所：名古屋観光ホテル
参加者：417名

部会

- ・工具鋼部会 (1月24日)
- ・企画部会 (1月25日)
- ・ステンレス鋼部会 (2月5日)
- ・構造用鋼部会 (2月7日)

3団体共催技術講演会 (2月14日)
演 題：「世界の高性能材市場と日本冶金工業の取組み」
講 師：日本冶金工業(株) ソリューション営業部 部長 佐藤昌男氏

参加者：80名

人材確保育成委員会 (2月19日)

- ①平成24年度人材確保育成事業の実績と今後の予定
- ②平成25年度人材確保育成事業について
- ③次期正・副委員長選出について

社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧

(社名は50音順)

[会 員 数]		【販売業者会員】		
(正 会 員)		愛 鋼 (株)	住 金 物 産 (株)	阪 神 特 殊 鋼 (株)
製造業者	25社	青 山 特 殊 鋼 (株)	住 金 物 産 特 殊 鋼 (株)	阪 和 興 業 (株)
販売業者	106社	浅 井 産 業 (株)	住 商 特 殊 鋼 (株)	日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)
合 計	131社	東 金 属 (株)	住 友 商 事 (株)	日 立 金 属 工 具 鋼 (株)
(賛 助 会 員)	0 社	新 井 ハ ガ ネ (株)	大 同 興 業 (株)	(株) 日 立 ハ イ テ ク ノ ロ ジ ー ズ
		栗 井 鋼 商 事 (株)	大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株)	(株) 平 井
		伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	大 洋 商 事 (株)	(株) フ ク オ カ
		伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	大 和 興 業 (株)	藤 田 商 事 (株)
		井 上 特 殊 鋼 (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)	古 池 鋼 業 (株)
		植 田 興 業 (株)	(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行	(株) プ ル ー タ ス
		(株) U E X	孟 鋼 鉄 (株)	(株) 堀 田 ハ ガ ネ
		碓 井 鋼 材 (株)	田 島 ス チ ー ル (株)	(株) マ ク シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン
		ウ メ ト ク (株)	辰 巳 屋 興 業 (株)	松 井 鋼 材 (株)
		扇 鋼 材 (株)	中 部 ス テ ン レ ス (株)	三 沢 興 産 (株)
		岡 谷 鋼 機 (株)	千 曲 鋼 材 (株)	三 井 物 産 (株)
		カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ	三 井 物 産 ス チ ー ル (株)
		兼 松 (株)	(株) 鐵 鋼 社	(株) メ タ ル ワ ン
		兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)	デ ル タ ス テ ー ル (株)	(株) メ タ ル ワ ン チ ュ ー ブ ラ ー
		(株) カ ム ス	東 京 貿 易 金 属 (株)	(株) メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼
		(株) カ ワ イ ス チ ー ル	(株) 東 信 鋼 鉄	森 寅 鋼 業 (株)
		川 本 鋼 材 (株)	特 殊 鋼 機 (株)	(株) 山 一 ハ ガ ネ
		北 島 鋼 材 (株)	豊 田 通 商 (株)	山 進 産 業 (株)
		ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	中 川 特 殊 鋼 (株)	ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)
		ケー・アンド・アイ特殊管販売(株)	中 野 ハ ガ ネ (株)	山 野 鋼 材 (株)
		小 山 鋼 材 (株)	永 田 鋼 材 (株)	陽 鋼 物 産 (株)
		佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	名 古 屋 特 殊 鋼 (株)	菱 光 特 殊 鋼 (株)
		櫻 井 鋼 鐵 (株)	ナ ス 物 産 (株)	リ ン タ ツ (株)
		佐 藤 商 事 (株)	南 海 鋼 材 (株)	渡 辺 ハ ガ ネ (株)
		サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	日 輪 鋼 業 (株)	
		(株) 三 悦	日 金 ス チ ー ル (株)	
		三 協 鋼 鐵 (株)	日 鐵 商 事 (株)	
		三 京 物 産 (株)	日 本 金 型 材 (株)	
		三 興 鋼 材 (株)	ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)	
		三 和 特 殊 鋼 (株)	野 村 鋼 機 (株)	
		J F E 商 事 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)	
		芝 本 産 業 (株)	橋 本 鋼 (株)	
		清 水 金 属 (株)	(株) 長 谷 川 ハ ガ ネ 店	
		清 水 鋼 鐵 (株)	(株) ハ ヤ カ ワ カ ン パ ニ ー	
		神 鋼 商 事 (株)	林 田 特 殊 鋼 材 (株)	

**日本工業標準調査会の鉄鋼技術専門委員会
(平成25年2月28日開催)
の審議状況をお知らせします。**

(1) 日本工業規格制定 (案) の審議

G5505 CV黒鉛球状鑄鉄

G1325-1 シリコクロム分析方法—第1部：けい素定量方法

G1325-2 シリコクロム分析方法—第2部：クロム定量方法

G1325-3 シリコクロム分析方法—第3部：炭素定量方法

G1325-4 シリコクロム分析方法—第4部：りん定量方法

G1325-5 シリコクロム分析方法—第5部：硫黄定量方法

(2) 日本工業規格改正 (案) の審議

Z2305 非破壊試験技術者の資格及び認証

G3469 ポリエチレン被覆鋼管 (追補)

G3312 塗装溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯 (追補)

G3318 塗装溶融亜鉛—5%アルミニウム合金めっき鋼板及び鋼帯 (追補)

G3322 塗装溶融55%アルミニウム—亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯 (追補)

G0202 鉄鋼用語 (試験)

M8207 鉄鉱石—ナトリウム定量方法

M8208 鉄鉱石—カリウム定量方法

(3) 日本工業規格廃止の審議

G1325 シリコクロム定量方法

特 集／グローバルに考える特殊鋼の規格

I. JIS規格と海外規格

II. 特殊鋼の海外規格

III. JISと海外規格の対比表

7月号特集予定…ばね鋼

特 殊 鋼

第 62 卷 第 2 号

© 2 0 1 3 年 3 月

平成25年2月25日 印 刷

平成25年3月1日 発 行

定 価 1,200円 送 料 100円

1 年 国内7,200円 (送料共)

外国7,860円 (" 、船便)

発 行 所

社団法人 特殊鋼倶楽部

Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館

電 話 03(3669)2081・2082

ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>

振替口座 00110-1-22086

編集発行人 秋 山 芳 夫

印 刷 人 佐 藤 正 則

印 刷 所 日本印刷株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、社団法人 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。