

基幹労連／新日鉄

東京スカイツリーに使われた超高強度鋼管
「PHYPP700PB」

新日本製鉄(株) 建材事業部 建材開発技術部 鈴木孝彦 マネージャーに聞く
建築建材技術グループ

(聞き手…金属労協・滑川太一)

東京タワーの2倍近い高さ634メートルと世界一高い自立電波塔、東京スカイツリーは本年5月に一般公開される。首都直下型地震にも、2000年に1度の暴風雨にも耐えられるように設計されている。この設計や素材、施工など随所に日本のものづくり技術の粋が注ぎ込まれている。その中でもスカイツリー向けに新開発されたのが新日本製鉄の超高強度の鋼管「PHYPP700PB」で、東京スカイツリーの最上部に当たる「ゲイン塔」に採用された。ゲイン塔には1平方mm当たり630ニュートン(N)と、わずか1平方mmの面積に60kg強の力をかけても曲

がらない鋼管を使うことが不可欠とされた。これを受けて新日鉄は、鉄に混ぜる合金鉄などを工夫し、設計の要請を上回る700Nの新鋼管の開発に成功した。今回はこの開発に尽力された新日鉄の建築建材技術グループの鈴木孝彦と広報センターの吉住マネージャーにお話を伺った。

—新開発された超高強度鋼管「PHYPP700PB」の性能と東京スカイツリーに使われた部分の説明をもう少し伺いたいと思います。

鈴木 今回の東京スカイツリーは建築物の一つですが、通常の建築物は、

引っぱり強度が50キロクラスまでの鋼材を使用しているのが殆どです。もっとも鉄骨が使われている3階以下の建築物では、その多くは40キロ鋼で製作されています。それが超高層建築物では、こうした強度の鋼材では100ミリを超える板厚になるため、強度の高い60キロ鋼が徐々に使われるようになっていきます。

今回のスカイツリーは、高さで634メートル、電波塔としては世界一、建築物としても日本一、今の建築物の日本一が300メートルなので、その倍の高さになります。その高さで地震、風などの外力に対して耐えられる構造が求められまし



鈴木孝彦氏

た。超高層建築物では、60キロ鋼まで使われていますが、構造計算上、それでは耐えられないところがあっ

東京スカイツリー（最頂部がゲイン塔）



たので、80キロ鋼を使って、安心安全な構造物をつくらうとしたわけですね。

—80キロ鋼と700N（ニュートン）の意味について教えてください。

鈴木 通常何キロ鋼というのは、「引っ張り強度」を示しています。何キロまでは引っ張っても切れないという強さです。今回このゲイン塔の最も大きな力が作用する部位に使われているのが80キロ鋼です。この引っ張り強度80キロ鋼が、変形し（曲がり）はじめるところの強度が700Nということなんです。わずか1平方mmの面積に700N＝70kg弱の力をかけても曲がらない強度を持つことを意味しています。

—80キロ鋼というのは今回このスカイツリーのために初めて作られたのですか？

鈴木 80キロ鋼自体、建築に使われたのは今から15年くらい前にさかのぼります。ちょうどバブルのときに、超々高層建築物の構想が話題となり、その中で300メートルを超えるような構造物になるとさすがに60キロ鋼でも強度が足りないだろうと言われました。1993年に横浜にランドマークタワー（約300m）ができたのですが、あの時に使われたのが60キロ鋼で最大の板厚が90ミリでした。300mより高くなったら、板厚100ミリを超えるか、あるいは高強度にするしかなく、そんな中で、1993年あたりから建築用に80キロ鋼が使えないかという取り組みはしてきていたのです。その中で一度新日鉄としては80キロ鋼のものを作って、実際に超高層ではありませんが、建築物に一、二件使われたことがありますが、今回のゲイン塔に使われた

鋼材はまさにそれをスタートにして作られた鋼材といえます。

—もともと80キロ鋼というのはあったのですか？

鈴木 建築以外の分野で80キロ鋼はありましたが、建築用の柱として独自に開発したものです。

—それは主にどういうところに使われていたのですか？

鈴木 柱に使われました。その80キロ鋼を今回ゲイン塔に円形鋼管と言う形で使っていただいたわけです。正確に言いますと、建築用として作り出したのは、さっきの変形しはじめるところの強度、これを降伏強度と呼びますが、それが630Nでした。今回はその強度を1割アップしてさらに安全性を高めることができました。鋼材を開発したということです。

建築の超高層は300メートルくらいを上限としてきたので、60キロ鋼までで対応できたわけです。ただし、80キロ鋼というものを、将来を見据えて開発は続けていました。

例えば、小倉駅の新駅ビルは1998年2月に竣工しましたが、モノレールも駅構内に合流したので、その合流部分を一本の柱で支えることになりました。その溶接で組み立て

たH型の柱に、80キロ鋼が使われています。

—それでこの東京スカイツリーの一番上のゲイン塔の所にその新鋼材が使われているのですか？

鈴木 このゲイン塔は根もとの部分が本体塔に差し込まれるような構造になっています。一番根もとのところが一番大きな力を受けるので、この部分に80キロ鋼が使われています。降伏強度については、構造設計上、630Nの強度が必要でしたが、その強度を一割増して700Nの鋼材を提供しました。

—今回の注文を受けて開発と製造にあたってのご苦労とエピソードがあればお聞かせください。

鈴木 このプロジェクトでは、私自身はユーザーと製造部門とのパイプ役を果たしてきました。ユーザーが求めていることを製造部門に伝えて、要求を満足する鋼材の製造をお願いしたわけです。スケジュールがタイトで心配していましたが、製造部門の方は1年弱で必要な製造条件（成分、温度条件等）を確立し、ユーザーが納得するものを作ってくれました。

―スカイツリーということでは非常に注目されていましたが、今回の注文は新日鉄ということでは来たのですか。

鈴木 納期がタイトでしたので、今回の注文を受けた材料も新日鉄一社で納めたわけではなく、日本の鉄鋼メーカーが総力を上げて取り組みました。新日鉄、JFE、住金、神鋼という4社がそれぞれの技術を駆使して納入しています。

そういう意味では日本の製造業の技術が集積され、設計するもの、施工するもの、素材である鋼材を生産するもの、鉄骨加工するもの、それぞれが全力を発揮したから、世界一のものを実現したと思います。

降伏強度が700Nの円形鋼管を開発し、納入したのは新日鉄だけです。実は、建築物には40〜60キロ鋼が広く使われているのですが、変形しては困る重要構造物については、より降伏強度を高めた鋼材が求められるので、スカイツリーよりも前から、新日鉄では先行して、従来の50〜60キロ鋼よりも2割程度高い降伏強度を持つ新たな鋼材を開発し、商品化してきました。その鋼材が注目され、スカイツリーのゲイン塔の下本体塔に大量に使われることになり、鉄鋼4社で納入しています。

―日本は地震が多いのですが、80キロ鋼を使えば大きな地震にも対処できるものですか？

鈴木 結局倒れないようにするには柱のサイズを大きくするか、サイズを変えずに材料の強度を上げて耐えられるようにするかの方法があります。その分岐点は板厚だと思えます。板厚がどんどん厚くなってくると、現場で溶接し組み上げなくていく上でも、あまり厚いと溶接などが大変になります。ひとつの目安は50ミリ前後です。100ミリを超えたら建築では使いません。50ミリを越えたら上の強度の鋼材を使うのを考えるきっかけとなります。

―これから高層ビルがどんどん建つてくると、80キロ鋼の用途は広がっていくと考えますか？

鈴木 横浜ランドマークタワーは、高さ約300メートルで板厚90ミリとなっていますが、90ミリというのは現場からすると辛いのです。これを50ミリぐらいに落とそうとしたら、80キロ鋼が必要な訳です。昔は60キロ鋼までしかありませんでしたから、板厚90ミリを使うしか無かったのです。今は、小倉駅から脈々と流れ、スカイツリーでも80キロ鋼が使われましたので、これからは板厚

50ミリぐらいで80キロ鋼も使っているかということになってくると思います。

―この新開発鋼の値段はどうなのですか。

鈴木 高強度鋼材は造り込みが難しいため、強度の低い鋼材よりもコストがかかっています。そのため、全てに80キロ鋼を使う、というのではなく、建築物のそれぞれの部位に必要な強度に応じた鋼材を上手に使っていくことが必要です。

―60キロ鋼と80キロ鋼を溶接でつなぐのは大変なんでしょうね。

鈴木 溶接技術もむずかしいものがあります。溶接法自体は変わらないのですが、溶接条件をもう少し厳しく管理するとか、溶接材料も開発が必要なる場合もあります。鋼材ばかり良くなっても溶接がつかないとかどうしようもありません。溶接が一番こわいのは溶接部に割れが生じてしまうことです。これは強度が上がれば上がるほど割れやすくなります。80キロ鋼同士の溶接ができれば、それから下のクラスの鋼材をつなげることは比較的容易です。

―このスカイツリーの溶接について



インタビューに応える鈴木氏と広報センターの吉住マネジャー（左）

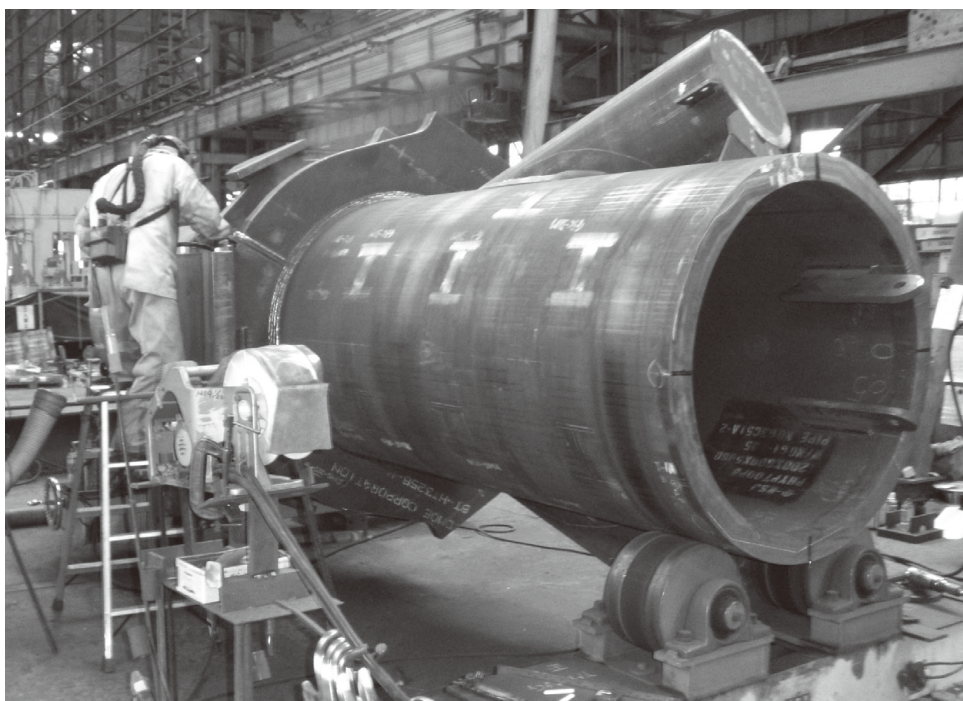
も特殊な溶接技術なのでしょうね。
鈴木 橋梁などでは以前から80キロ鋼は使っていて、それに合った溶接材料がすでにあつたので、それを使用しています。

―80キロ鋼など強度のある新鋼材をつくるために特殊な合金技術を使って作ったのですか？

吉住広報センターマネジャー 鉄の強度の造り込みの話をもう少しします。鉄鉱石と石炭をもとにした原料を高炉の中に入れて、酸化還元反応を起こすと1500℃ぐらいの鉄

の液体になり、この時点では炭素分等がいったい入っています。炭素が入っていると硬いのですが、その分もろいのですね。製鋼工場で炭素分を所定の値まで取り除いたり、いろいろな合金部分を所定の値まで制御したり、それこそ300トンの鍋の

中で、米粒ひとつの単位まで制御するような、ミクロの制御をしています。そこで合金なり成分値をコントロールするのですが、どういうものか加えれば、どういう形になるかは、溶接性とか、加工性とか、それらは経験値のなかで試行錯誤しながら作



スカイツリーゲイン塔製作状況

【写真提供：(株)巴コーポレーション】

っていくわけです。いったんそこでもう少し厚いかまぼこ形の板みたいな状態にして、1200°Cくらいに温めて、ロールとロールの間を通して伸ばしていきます。伸ばしていきながら、冷却装置で水をかけていきます。冷やす速度によって、今度は鉄の内部組織の強度が変わってきます。硬くなったり、柔らかくなったりとか強度が変わってくるのです。さらに常温に戻った後に再び温め冷やす。すると、こうした熱処理によって、同じ金属組成でも、強度がだいぶ変わってくるのです。熱処理にはこういう特性があるのです。実際にはこういう特性があるのだから経験値と開発の力、これは日本の鉄鋼メーカーの底力と言えますね。

中国とか台湾とか韓国とか東南アジアの鉄鋼メーカーもありますが、彼らの方が設備も新しいのですが、機械のボタンを押せば鉄ができるわけではないのです。見た目にはできるのですが、どういった条件をつくるのか、成分もあれば、温度調整、最初と最後の温度が同じでも、ゆっくり冷やすとか、急速に冷やすとか、それによってできあがりや相当違いますが、そういう諸条件を組み合わせて、結果的に強度を出していくという地道な努力を現場が繰り返した結果、80キロ鋼で700Nの鋼材もできたのです。

鈴木 前々からある80キロ鋼ですが、スカイツリー用に特定の板厚で700ニュートンというのをどう出すのか、という面では現場の製造部門の方々が、限られた工期でミクロの制御をしながら試行錯誤をしながら、強度を高めてくれたわけです。実際に一言で言えばうちの現場だからできたのだろうな、ということです。まさにスカイツリーの建設が始まってから、最頂部のゲイン塔に使う、この超強度鋼材の開発に取り組んだわけですから。

—ゲイン塔の部分は実際に何トンくらい使ったのですか？

鈴木 ゲイン塔の強度の高い700Nの鋼材でいえば、新日鉄として250トン使いました。その他、強度が低い鋼材も含めると、ゲイン塔では900トン使っています。また、塔全体で新日鉄は約1万トンの鋼材を納めています。

—700Nの今後の使い方はいかがですか？

鈴木 超高層スカイツリーに使われたということはPRになっていきます。確かに今の超高層案件で80キロ



鈴木 300メートルを超える建築物というのはそんなに無いのですが、300メートルに達しなくても、板厚をかなり薄くして重量を落とすことができるので、現場の搬入が楽になったり、溶接が楽になったり、加工手間がかなり下がってきます。その結果、建設のコスト自体がトータル下がってきます。

—世界的に見ると、700N、80キロ鋼の製品は出ているのですか？

鈴木 現在、世界では、80キロ鋼を建築物では使用していないと思います。日本は地震に対する安全性への考え方が厳しいので、他の国から見るとオーバースペックととらえられるかもしれませんが、日本は基準が厳しいですね。その基準にあわせて鋼材を開発しています。

なかなか日本国内で300メートルを超えるものがむずかしいのですが、新興国とか中進国で建てていく可能性があります。それぞれの国で設計基準があるでしょうが、われわれが持っている技術が武器になることは事実ですね。厳しい条件の

日本で鍛えられているのですから。

—なかなか世界でものまねのできない製品であるということですね。

鈴木 80キロ鋼はそうです。厳しい環境が技術革新のきっかけとなった訳です。

—ものづくりの開発と現場のチームワークについて感じられていることがあれば。

鈴木 このスカイツリーのプロジェクトは我々新日鉄グループとして目標を決め、関係者みんなが集まって、開発しものを作り上げましたから、チームワークが無ければできなかった話です。厚板を作って、それをパイプにしたところで、所定の強度がでるように、それを一年という非常に短期間で実現したというのは、個々が実力を発揮したと共に、世界から注目され、その期待にみんなが頑張ろうとしたからだと思います。

吉住 名古屋製鉄所で厚板を製造したわけですが、鋼材の化学成分はこうする、加熱の条件はこうする、冷却スピードはこのくらいにするな

ど、製造条件を設計する人間がいるわけです。厚板管理という職場ですが、その条件で厚板工場のオペレータが製造するわけです。

製造条件を絞り込む時には、技術開発部門、研究部門とも連携しています。実際に試作をして、引っ張り試験や溶接試験で所定の性能を確認するのですが、これらの試験を数十回行い、要求にあった製品を完成させましたそれぞれの専門家が課題を一つひとつつぶしていったのです。

—スカイツリーを通じて、日本のものづくり技術のチャレンジ、夢とかをお聞かせください。

鈴木 80キロ鋼はやはり建築でも使ってみようかという動きがでています。強度が上がれば、地震に対する備えにもなります。インフラづくりを支える鋼材供給メーカーとして更なる開発にチャレンジしていきたいと思っています。

(文責・編集 金属労協組織総務局)

鋼、700Nの鋼材を使ってみようかなというお客さんは出てきていると思いますよ。経済性を追求しつつ、安全性を考慮して、必要などころに、必要な鋼材を使用するということが重要だと思っています。

—300メートルを超える超高層では使われる可能性は高いというわけですね。