

2015 年度第 8 回物学研究会レポート

「構造の美学」

佐々木睦朗氏

(構造家、法政大学教授)

2015 年 11 月 18 日

優れたデザインに最先端のエンジニアリングやテクノロジーに裏打ちされた「美学」があるように、優れた建築に「美学」を共有し、さらに構造エンジニアリングの視点から建築家を刺激する建築構造家の存在が欠かせません。

構造家の佐々木睦朗さんは、伊東豊雄さんとの「せんだいメディアテーク」や SANAA との「金沢 21 世紀美術館」など、先駆的な建築家と共に数多くの名建築を実現されています。また、本会代表の黒川雅之さんともさまざまなコラボレーションをされています。

今回はデザイン同様、大きな変革期を迎えている建築の世界を背景に、佐々木さんが探求されてきた「構造の美学」についてお話いただきます。

以下、サマリーです。

## 「構造の美学」

### 佐々木睦朗氏

(構造家、法政大学教授)



01 : 佐々木睦朗 氏

## ■イントロダクション

黒川 もう本当に初期の頃から、佐々木さんは私の建築の構造を設計くださっています。ほかにも、磯崎新さん、伊東豊雄さん、SANAA の妹島和世さんなど、そうそうたる方々のプロジェクトを手がけていらっしゃいます。

佐々木さんは構造家という肩書きでいらっしゃいますが、本当は建築家なのではないかと私は思っています。そもそも建築というのは、芸術的なものと技術的なもの、産業ビジネスという、3つの世界を調和させてつくるものです。産業の面はもちろん重要なのですが、芸術と技術がひとつになるような形でつくりたいと本当の建築ではないと思うんですね。

そういう意味でも、佐々木さんは建築を数学的なものでなく、むしろ美学としてとらえていらっしゃるように思います。世界のトップと言われる構造家は3名いますが、佐々木さんはそのおひとりで、世界的に評価されています。

今の建築業界の制度からいうと、建築家から構造家に仕事を依頼するという順序になっていますけれども、これは逆ではないかと思うのです。その方がいい建築ができるのではないかとさえ、思ったりもします。今日はどんなお話をしてくださるのか、私もとても楽しみにしております。それでは、佐々木さん、どうぞよろしく願いいたします。

## ■「構造デザインの射程」

佐々木 黒川さん、ご丁寧なご紹介をありがとうございます。私は来年で70歳になり、2004年から教授を務めていた法政大学で定年を迎えます。今、その退職記念ということで、「構造デザインの射程」と題して、さまざまなゲストをお招きして連続対談を行っています。

20歳ぐらいから建築を始めて、来年で70歳ですから、ちょうど50年。その50年間の歩みの中で、私がこれまで追究してきた構造デザインについて、盟友の難波和彦さんをモデレーターとしたゲストたちとの対談を通じて、お話をさせていただいています。

先日は黒川さんにもご登壇いただきました。ほかにも磯崎新さんや伊東豊雄さん、SANAAの妹島和世さんなど、私が日頃お付き合いのある建築家の方々とも対談させていただきます。

今日は100枚ほどスライドを用意しております、その対談の内容にも少し関連したお話をさせていただければと思っております。これが今、お話した「構造デザインの射程」のポスターです。「構造・構築・建築」という3つのキーワードが書いてあります。

## ■建築の2種類の基本構造

最初は固い話になりますけれども、建築の起源というのは、構造の起源でもあります。まず、ひとつの系譜の起源として木造の樹上住居があります。雨露をしのいで、動物に襲われるのを防ぐためのものです。その後、これは木造あるいは組石造による原始的なマグサ構造をへて、柱と梁で構成された軸組構造の建築物に発展していきます。

それから何千、何万年という時を経て、紀元前5世紀頃に組石造の建築様式として完成した代表的なものが、ギリシアのパルテノン神殿です。軸組構造の最高の規範として、19世紀に至るまでヨーロッパの古典建築の主要な位置を担っていきます。

もうひとつの系譜の起源としては、自然の洞窟を利用した洞窟住居があります。これも雨露をしのぎ、動物から身を守るシェルターとしての機能を持っています。その後、それが発展していった建築、あるいは構造形式にアーチやドームがあります。ドームとは内部空間に柱がなく、壁と天井が連続的に一体となって天蓋のように頭上をすっぽりと覆うような空間

構造のことをいいます。

これも時を経て、紀元前 25 年にローマにパンテオンという、煉瓦と無筋コンクリートによる直径 43m もの素晴らしい大規模なドームがつくられました。これも 19 世紀まで、それを超えるような規模のドームはつくられませんでした。建築の基本構造というのは、極端なことを言うと、この軸組構造と空間構造の 2 つだけなのです。

## ■ 日本で見られる 2 種類の構造建築

これは私が建築を学び始めた頃にできた、丹下健三さん設計の「香川県庁舎」です。鉄筋コンクリートの軸組構造で、ひじょうに美しいプロポーションをしています。これは言ってみると、パルテノン神殿の建築が、現代の機能を満たすような形で昇華されたものだと思います。

これも世界的に有名な建築です。同じく丹下健三さん設計の前回の東京オリンピックの時の「国立代々木屋内総合競技場」の「第一体育館」です。内部空間にはいっさい柱がなく、吊り橋の原理を応用して 2 次元に拡張したような建築です。構造家の坪井善勝さんの発案によって、こうしたダイナミックな曲面構造が実現しました。この 2 つが現代日本における軸組構造と空間構造の代表的な建築物の例です。

法政大学での退職記念で対談することを機に、自分がこの 50 年間、何をやってきたのかということ振り返ってみました。それを整理して図式化したものがこのダイアグラムです。先ほどお話した「構造・構築・建築」は、私にとってどういうものなのか。

まず構造について。私は構造家ですから、私にとっての本質論は構造です。サイエンスや力学の原理がベースにあって、その横に美学と書きました。先ほど黒川さんからのご紹介にもありましたが、私は普通の構造エンジニアとは少し違う美学のようなものを、常に意識しながら建築の構造を考えているところがあります。

## ■ 自由と構造の美学を求めて

次に構築ですが、これは実体論です。エンジニアの工学や技術と言ったらいいでしょうか。そして、建築。これは現象論です。この三位一体のものが、私にとっての設計方法論なのです。これは物理学者の武谷三男さんが提唱された「三段階論法」に建築を当てはめて考えたものです。

改めて私自身が追い求めてきたテーマを考えてみました。それは自由と構造の美学です。先ほど建築構造には、柱梁による軸組構造とドームのような空間構造の 2 つの系譜があるとお話しました。

私はこれまでやってきたのは、軸組構造の柱梁のフレームを意識的に消失させることでし

た。柱梁のグリッドに縛られたくない。それらから解放されて自由でありたいと思っていました。その最も代表的な建築物は、伊東豊雄さんと手がけた「せんだいメディアテーク」です。

もう一方で、恣意的に形を決めるのではなくて、より自然に近い空間構造の形態を理論的な形態創生手法によって、自由な形をつくり出したいと考えていました。そういった形態創生の原理を力学の問題としてとらえて、さまざまな自由曲面のシェルを手がけています。私が追求してきたのは、大きくはこの2つです。いつも自由を求めながら、そこに何らかの美学を打ち立てたいという強い欲望が働いていたように思います。

## ■ 個人史

これも対談のためにつくったものですが、私の個人史です。私は1946年に黒川さんと同じ、愛知県に生まれました。東京オリンピックの時に、丹下健三さんの建築を見てこういうものをつくりたいと思い、1964年に名古屋大学工学部建築学科に入学しました。その後、大学院にいきました。

1970年に木村俊彦構造設計事務所に入社して、約10年間、勉強させていただきました。その木村さんの事務所のスタッフだった頃に、黒川さんの設計による銀座の「くのや」の構造計画に携わらせていただきました。

1980年に佐々木睦朗構造計画研究所を設立しました。1990年、これも黒川さんとの仕事「美和ロック工業玉城工場」です。1994年に、事務所を個人から法人の株式会社に改組しました。1999年には母校の名古屋大学の教授に招聘され、5年間ほど名古屋と東京を往復しながら教育研究に携わっていました。

2002年には海外のための構造設計事務所、SAPS (Sasaki and Partners)を設立しました。この頃から理論的な形態創生の研究を本格的に始めて、2003年にシェル構造の論文でIASS Tsuboi Awardを受賞しました。その後、海外でのプロジェクトも増えてきたため、一身上の都合から2004年に東京の法政大学工学部建築学科に移籍しました。

## ■ ポストモダンの時代へ

2005年にギャラリー間で、「フラックス・ストラクチャー」展を行いました。メキシコの構造家のフェリックス・キャンデラ、スペインの構造家のサンチャゴ・カラトロバ、その次が私。ギャラリー間では、構造家の展示を行ったのはこの3人だけということでした。

ここからは、これまで私が手がけた仕事です。最初に木村事務所時代の担当作品を2、3ご紹介します。これは1975年の榎文彦さん設計の「沖縄国際海洋博覧会海洋生物園」です。これは1978年の黒川雅之さん設計の「銀座くのや」です。敷地いっぱい、隣のビルにび

ったりくつつくように建っています。これは鉄骨を内蔵したプレキャストで、特殊な工法を使っています。随分と多くの仕事を担当しましたが、これらが印象に残る代表作でしょうか。

私が独立して最初に手がけた仕事は、1980年の鈴木洵さんとの「スタジオエビス」です。黒川さんも、鈴木さんも、お二人共、構造に対してひじょうに理解があって、構造を大事にして建築をつくっていかうとする颯爽としたモダニストとしての姿勢が印象的でした。

この後、ポストモダンの時代に入っていきます。建築の構造を考える立場から言いますと、表層的な張りぼて建築ばかりが目につく、あまり面白くない時代でした。この時期、私は自分に合わない仕事を無理矢理やるよりも、自分に合う建築だけをやっ、好きなことをやろうと思っていました。という次第で、その30代の前半には、お花やお茶、三味線、小唄といった日本の芸事に興味を持ち始め、本業外の道楽に夢中になっていた時期もありましたが、今ではそれもよかったと思っています。

## ■ハイテク建築の時代

ポストモダンの後に、70年代後半から80年代にかけてハイテク建築の時代が到来します。レンゾ・ピアノ、ノーマン・フォスター、リチャード・ロジャースといった建築家たちが構造家のピーター・ライスと組んで、次々に新しいハイテク建築を生み出していました。

それにはひじょうに刺激されました。そういうハイテク建築がいずれ日本でも席卷するようになるだろうと予測して、英国を中心に海外に視察に行くなどして情報を収集していました。それが80年代後半から90年代です。

その頃に、また黒川さんから「美和ロック工業玉城工場」の仕事をいただき、大きなチャンスをいただきました。それまでハイテク建築をいろいろ見てきたことがひじょうに勉強になり、ここで活かすことができました。かなりのローコストで、気持ちのいい内部空間ができたのではないかと思います。この時に名誉ある第一回松井源吾賞をいただきました。

建築界では、村野藤吾賞や吉田五十八賞など、いろいろな賞がありますが、構造家に与える賞というのは、それまでありませんでした。その松井源吾賞の第一回の時に私の大先輩で構造の大家、川口衛さんと並んで賞をいただきました。

## ■「梅田スカイビル」「札幌ドーム」

この頃はまだ、私自身が自分のデザインはこれだというものに出会えていなかったのですが、何となく手応えとしては徐々に感じ始めていました。1988年頃、恩師の木村先生から「もっと大きい物をつくりなさい」と言われて、私は大阪の「梅田スカイビル」の構造計画を手がけました。建築家は、原広司さんです。

40階の超高層ビルです。この中にはたくさんの柱や梁がありますが、それを束ねて一体化させて大きなフレームに仕立てました。それによって風や地震に対して、より安定した構造になるのです。そのフレームを2本配し、最上階を空中庭園で結びました。竣工したのは、1993年です。

この「梅田スカイビル」は先ほどご説明した2つの系譜でいうと、巨大な柱梁の軸組構造にあたります。この頃の私にはまだ柱梁というフレームの概念がありましたが、その後、私はそれを消失させていくようになります。

1996年には「札幌ドーム」のコンペティションがあり、プロポーザル方式で勝ち取りました。これも建築家は原広司さんです。野球とサッカーが両方できる巨大ドームです。天然芝を出し入れできるという仕組みになっています。ですから、出し入れする先端部分には中間に柱がなく、バウブリッジとよぶ大スパン構造を提案しています。竣工したのは、2001年です。

このドームの形は球や楕円のような幾何学的な形ではなく、パソコンのマウスのような不思議な形をしていますよね。かなり自由な形のドームですが、この時もまだ、私の中では古典的なドームから完全に抜け出た自由な形のドームはできていなかったように思います。

## ■「せんだいメディアテーク」

いよいよ「梅田スカイビル」の軸組み構造と「札幌ドーム」の空間構造の両方を統合したという、少しおかしい方になるかもしれませんが、それが「せんだいメディアテーク」です。建築家は伊東豊雄さんです。

これは建築界ではひじょうに有名な、伊東さんの描いたスケッチです。日付が1995年1月23日とありますから、1月17日の阪神・淡路大震災があった1週間後のことです。連日、倒壊した建物がテレビに映し出されていた頃でしたから、伊東さんは何か悪い夢でも見ているんじゃないかと思ったりもしました。

スケッチには「海藻のような柱」と書いてあります。海流に身を任せて、海藻がゆらゆらと揺らいでいるというイメージです。そこに薄いプレートが床として何枚か取り付けられて、外周はガラスのスクリーンだけ。

伊東さんは「これだけで建築を完成させたい。後は構造的に徹底的にスタディして、とにかくシンプルにすることに全力を上げてください。それ以外は何も要りません」ということでした。そして、伊東さんはこのスケッチを残して、ヨーロッパに旅立ってしまい、正直、困ったなと思っていました。

けれども、一方では私が求めている軸組構造と空間構造を融合したようなものをつくれるのではないかと、そういった前代未聞の構造の概念がどうもこのスケッチには潜んでいるように感じたのです。とにかくやってみようと思いました。

## ■海藻のようなチューブ

それから悩み苦しみ、格闘する日々が始まりました。2月の末がコンペの締め切りだったので、ひと月もない中で、とにかくそれを物の側から構想し、リアライズすることに全力を挙げました。

そして、導き出したのが、ドームをぎゅーっと縦に引っ張って長くしたようなチューブ、鉄骨のシャフトです。縦型のラチスシェルと呼んでいます。軸組構造と空間構造を統合したような、両義的な構造体です。

そのチューブは、計13本。50m四方の平面の四隅に耐震性を持った大きなチューブを、中の方には比較的細いチューブを配置しました。チューブは直立のずん胴のままでは海藻のように見えないので、ねじってHP曲面にして、束ねて立体化しました。

大きいチューブには、階段やエレベータを入れました。小さいチューブは光や外気を取り入れ、電気系統の設備を入れる装置であると同時に柱であり、床を支える機能を持ちます。ひじょうに細い部材で構成されていますが、この1本のチューブには2千トンほどの荷重がかかっています。特に床面の支点の周りには大きな力が働いてしまうので、自然に力が流れていくようにしたいと考えました。

## ■薄くて軽量、強度のある床プレート

床プレートの構造は、リブを支点の近辺では主応力線に沿うように入れ、そのほかでは単純に1メートル間隔に入れて、その上下に鉄板を貼ってサンドイッチ板構造にしました。それによって軽くて強い構造体になります。これは飛行機や船などに使われている工法ですが、建築の世界にはじめて持ち込んだものです。設備、構造、空間、それらをすべてチューブとプレートに託しました。

これはチューブを下から見上げたところの写真です。この後、階段やエレベータが入るので、こんなふうに構造体だけが見られるのは、この段階の時だけです。チューブの中はできる限り空きのスペースが出ないように、エレベータや階段などがコンパクトに収まるようになっています。そういうディテールを考えることも、構造設計では重要なことです。

これは足場などが取れて、床もすべて取り付けられた状態です。先ほどお話したように支柱の周りにはすき間がほとんど空いていないので、チューブがニョキニョキと上に伸びていくように見えると思います。

床は薄いので、上の階と下の階が視覚的につながって見えるという面白さもあります。13本のチューブがいろいろな方向に向いていて、ゆらめいているように見えると思います。特に1階の床は大理石なので、反射してよりゆらゆらとした感じに見えます。



## ■製作と工事

複雑なチューブの製作を担ったのは、川崎重工です。チューブはみな形もサイズも異なるので、製作は大変だったと思います。また、直径が2メートルから9メートルほどもあるので、工場で仮組みしてから一度、ばらしてトラックやトレーラーに載せられる寸法にカットしてから運搬しました。

それから、現場で基礎の上に立ち上げていきました。これは工事中的写真です。仙台市の方たちも驚かされていたようです。ここは定禅寺通りとあって、仙台の目抜き通りのひとつですが、そこにこんなものがニョキニョキと建ち出してあって、遊園地でもつくるのかと思われたそうです。

これは仙台市の建物なので、市民のみなさんに親しみを持って使っていただきたいという思いから、工事中的の仮囲いに小さな窓を開けて、建設途中もそこから中を見ていただけるようにされていました。また、この建物についての説明も分りやすく表示されていました。

地下2階、地上7階、延べ床面積2万2000m<sup>2</sup>のかなり大きな建物です。この「せんだいメディアテーク」は、美術館や図書館、メディアセンターなどが入る複合施設です。そして、2000年の夏に竣工しました。

## ■東日本大震災での災害

2011年3月11日、未曾有の大地震が発生しました。東日本大震災です。「せんだいメディアテーク」も仙台にあるので、注目されました。Youtubeにその地震の時の「せんだいメディアテーク」の映像を観ることができます。

その地震によって、最上階の天井が落下するという事故が発生しました。すぐにわれわれ建築および構造の設計担当者は現地に行って調査を行い、検証しました。一人もけが人がでなかったことは、不幸中の幸いです。

これは東北大学による、せんだいメディアテーク近くのビルの地下2階で採れた実測地震波形データです。これまでの宮城県沖地震が起こった時のデータで、1978年6月12日、2005年8月16日、2011年3月11日の時のものです。波形の大きさからも、また継続時間の長さからも、3月11日にいかにすさまじいエネルギーをもった巨大地震が襲ったかということがわかりますよね。

宮城県沖では、30年ぐらいのサイクルで大地震が起こっています。それを想定して、構造上の特殊な耐震計画も考えていました。過大なエネルギーが入らないように、地下1階部分の主体構造には、履歴減衰型のエネルギー吸収機構を導入しました。

## ■「形態創成」の研究

このチューブがもし円筒型のものだったら、なかなか地震応答は減衰しなかったでしょう。それに比べると、崩壊荷重最大化の HP 形のは 40% ぐらい減衰します。地震に対しても、ひねりを加えた HP 形状のチューブ構造の形態は理にかなっていたのです。

これはちょっとおまけ的な話なのですけれども。私は今、「形態創生」という新しい構造理論の手法を数理的に展開しています。「せんだいメディアテーク」の時には、まだこういう理論的手法はなかったのですが、1999 年以來の大学での継続的な研究成果によって、今はこのチューブの形状について理論的に説明できます。

たとえば、ずん胴な円筒形は剛性も低く、耐力も低い。ひずみエネルギー最小化から得られたトックリ形は、剛性も耐力も高いけれど、初期降伏後の粘りが足りない。しかし、崩壊荷重最大化から得られた HP 形は、ある程度の剛性があり、なおかつ初期降伏後の耐力の伸びが期待できて、いわゆる粘り強い。そういったようなことがこの形に潜んでいるのです。かつては直感でこうだろうと思っていたことが、これでようやくきちんと理論的にも説明できるようになりました。

けれども、構造上では何も問題が起きませんでした。仕上げ材の天井が落下するということが起きてしまいました。この建物ではそうした苦い経験も味わい、本当にいろいろなことを学ばせてくれました。この後、天井は設計を見直して変更しました。

## ■メディアでの紹介

「せんだいメディアテーク」は、コンペの時から、建設中から、何から何まであらゆる世界中のメディアが注目していました。

これは『Support and Resist: Structural Engineers and Design Innovation』(Monacelli) という本です。ここにも「せんだいメディアテーク」が掲載されました。ほかにもニューヨークのワールドトレードセンターの構造設計を行ったレスリー・ロバートソンやロンドンのエンジニアリングの会社など、世界で著名なエンジニアのイノベーションが紹介されています。「せんだいメディアテーク」は、そのほかにもさまざまな本で紹介されています。

これは植田実さんが編集長を務められている住まいの図書館出版局から、1997 年に発行した『構造設計の詩法』で、私が書かせていただいたものです。普通は「手法」と言いますが、あえて「詩法」という言葉を使わせていただきました。

これは 2013 年に伊東さんがプリツカー賞を受賞されて、ボストンにあるジョン・F・ケネディ大統領図書館・博物館で行われた授賞式の時の 2 ショットです。伊東さんはこの時のスピーチで真っ先に私のことを話してくださって、大変身に余る光栄でした。ともかく「せんだいメディアテーク」は、日本建築学会賞を伊東さんと共同受賞できたことも含めて、私にとっても、ひじょうに大きな意味のある仕事でした。

## ■自由曲面の追求

私の一番尊敬する構造家は、フェリックス・キャンデラです。1993年に彼と会った時に、アントニ・ガウディについていろいろ教えてくださいました。私はそれまでガウディのことをあまり好きではなかったんですけれども、それから興味を持ってガウディの研究を始めました。

これはサグラダ・ファミリアに展示されている、逆さ吊り構造の模型です。ガウディはこの構造を元に、「コロニア・グエル教会」を設計しました。スイスの構造家、ハインツ・イスラーはそれを発展させて、吊り下げ曲面のRCシェルをつくりました。

彼はガーゼに石膏を含ませて、それを4点吊りにして実験を行いました。ガーゼも、石膏もやわらかいので、吊り下げると重みに従って形づくられます。これを反転すると、応力は圧縮だけになって自由曲面ができます。これはコンクリートを使ったシェルをつくる時に、ひじょうに理想的な形が得られます。

これは1998年の磯崎新さんとの「北京のオペラハウス」のコンペティションの作品です。屋根がふわふわとした自由曲面をしています。コンペでは最後まで残ったのですが、残念ながら採用とならず実現しませんでした。

## ■フラックス・ストラクチャー

その後もこの自由曲面について、私は名古屋大学で研究を重ねていきました。1年ほど経った時に、ようやく研究の目処がたちました。私の中では実用化の可能性はまだ半信半疑だったのですが、すぐに磯崎さんにお話したところ、「面白い、やりましょう」と言ってくださいました。

そして、磯崎さんが設計する、岐阜県の「北方町生涯学習センターきらり・岐阜県建築情報センター」に採用されることになりました。40メートル四方の小さい屋根ですけれども、この時にシェル構造の自由曲面を実現しました。これは2001年から始めて、竣工したのは2005年です。

その後も、私はさまざまな建築家と組んで自由曲面のシェル状の建築物を展開していきました。伊東さんとは「ぐりんぐりん」「瞑想の森 市営斎場」など。SANAAとは「ロレックス・ラーニングセンター」など。最新作が、SANAAの西沢立衛さんとアーティストの内藤礼さんがコラボレーションした「豊島美術館」です。

それらを一冊にまとめたのが、『フラックス・ストラクチャー』（TOTO出版）です。2005年にギャラリー間で個展を行った時に発行したもので、その時に伊東さんやSANAA、磯崎さんと3日間にわたって、対談させていただきました。

ギャラリー間の会場には、「金沢 21 世紀美術館」「北方町生涯学習センターきらり・岐阜県建築情報センター」「ロレックス・ラーニングセンター」などの 1/5 の模型や、実現はしなかったんですけども、2002 年に磯崎さんとの「フィレンツェの新駅」のコンペの時の模型も展示しました。これは今、磯崎さんが設計された大分県の「アートプラザ」の 3 階「磯崎新建築展示室」に置いてあるそうです。

## ■「豊島美術館」

最後に、「豊島美術館」のことをお話させていただきたいと思います。この建物は、瀬戸内海の豊島にあります。直島福武美術館財団がクライアントで、瀬戸内国際芸術祭の開催中に開館しました。

自然の中にぼんと置かれていて、この建物そのものがアートであるというものです。形のイメージは、水滴です。高さが一番高いところで 5 メートルぐらい、かなり扁平な形をしたシェルです。大きな穴が 2 つ開いていて、そこから空が見えて風が通る、ひじょうに気持ちのいい空間になっています。

私はいつも機能的、計画的、芸術的な条件を満たしながら、建築家の持つイメージをなるべく損なわないように実現することを考えています。そして、私はいつも建築家の味方で、私の考える手法で必ずあなたのイメージを実現させてみせるというようなことを言っています。構造的にはきちんとした力学的な合理性を持つ、曲面形態を追求しています。

この豊島美術館のシェルは、コンクリートの打ちっ放しでつくられています。型枠でつくるのでは誤差が出てしまうので、最も原始的な方法を採用してつくっていきました。それが土を盛って、その上からコンクリートを打設するという方法です。土盛型枠工法と呼んでいます。

## ■シェルの製作

まず土を盛っていきます。棚田が近くにあって、ひじょうに面白い光景です。古墳のようにも見えますね。それから正しく盛られているかどうか、水をかけて少しずつ固めていきます。そして、削ってならしていきます。

その土盛型枠の上にモルタルを薄く仕上げていきます。あちこちにポッチが出ていると思いますが、その点は座標の位置に相当しそれが合っているかどうか、3次元測定機で全数をチェックしていきます。もし足りなければ、そこにモルタルを足して修正していきます。

その後、曲がりやすくして施工の容易な細い 13 ミリの鉄筋を配筋していきます。そして、その上からコンクリートを打設していきます。目地をつくらないやり方なので、早朝から始めて 1 日で打ちました。西沢さんや私の事務所の担当スタッフたちも打設を手伝いました。

ひと月ほど経ってコンクリートに強度が出てきた頃に、穴からベルトコンベアーで土を除去していきました。写真を見てもおわかりいただけるように、ひじょうになめらかな表面に仕上がっています。

## ■ シェルストラクチャーの建築

これは『建築構造のしくみ』（彰国社）という、先ほどお話した川口衛先生が10数年前に書かれた本です。ひじょうにいい本なので、私はいつも大学の3年生の構造計画のテキストとして使っています。昨年、第二版で改訂された際に、私の自由曲面のことも入れていただきました。

これは昨年、発行された『Shell Structures for Architecture: Form Finding and Optimization』（Routledge）という本です。建築のためのシェルストラクチャーの先駆的な仕事として、私が手がけたものもいくつか取り上げられています。

エーロ・サーリネンの代表作、ニューヨークの「ジョン・F・ケネディ国際空港」。ヨーン・ウツソン設計による、オーストラリアの「オペラハウス」。フェリックス・キャンデラが設計した、メキシコの「バカルディの瓶詰工場」。60年代から70年代にかけて、こういった建築がいっせいに花開いた時期がありました。

その後はしばらくそういう建築物は生まれなかったのですが、その後にハインツ・イスラーがさまざまな自由曲面の建築物を設計していきました。そして、20世紀に入ってから21世紀の今日まで、シェルがつくられていったひとつの歴史の流れの中で到達した、最新のシェル構造として豊島美術館が紹介されています。

最後に豊島美術館のムービーを観ていただきたいと思います。水滴がちょろちょろと流れていきます。私も2回ほど行きましたが、この水滴を眺めているだけで時を忘れてしまうような、気持ちのいい空間です。

関 せんだいメディアテークのときは、伊東さんは海藻のようなスケッチを描かれたということですが、西沢さんは豊島美術館のときにスケッチは描かれたのですか？

佐々木 西沢さんはスケッチではなく、模型をいろいろつくっていらっしゃいました。また、西沢さんは「曲面」ではなく、等高線を意識してなのか「曲線群」という言い方をされました。われわれ構造家としては、連続する面としてとらえているので、曲面と言いますけれども、そこがちょっと違って面白いなと思いました。もしお近くに行かれる機会があったら、ぜひ立ち寄ってみてください。ご清聴ありがとうございました。

## Q&A

**Q1:** スイスの構造家、ユルグ・コンツェットは、地球に重力があるのは、質量のおかげだと言っていました。たとえば、20センチと40センチのコンクリートの壁があった時に、その壁が発する重力が違うので、その隣に立った時に体にも何らかの作用があると話をしていました。それについてご意見をお伺いできればと思います。

**A:** コンツェットは、友人のひとりで年長の私は兄貴分的な存在です。私は構造を消失させたいと思っていて、厚くするより、薄くしたいと考えている方なので。自分のエンジニアリングの力で資材を少なくすることができれば省資源の点からもいいかな、と考えていくタイプです。

コンツェットはどちらかという、その逆のような印象を受けます。もしかしたら、本物の石造の建築家として世界的にも有名なピーター・ズントーと仕事をしている影響もあるのかもしれない。どちらがいい悪いというのはなく、どちらもあっていいと思います。

**Q2:** プロダクトの分野でも構造家の方に関わっていただくことで、今までにない物を生み出すことができるように思いました。先ほど豊島美術館の空間は風の流れが気持ちいいとおっしゃっていましたが、構造を考える時に音や光や風については考えられるのですか？

**A:** 豊島美術館の穴を開ける位置などは、私ではなく、西沢さんが考えられました。本当は構造の形態創生で理想的な最適形態を求める時に、空気の流れや温度などを同時に最適化できたら最高に面白いと思っています。けれども、構造と同時に空気や風の流れをシミュレーションするのは、ひじょうに難しいことなのです。ノーベル賞級の研究になると思います。本当は私がそういったことまで研究として広げることができればいいのですが、何分、来年で70歳になりますので。ぜひとも若い人たちにがんばってもらいたいです。

**Q3:** 佐々木さんが構造を手がける建築物は、身体的な心地良さや美しさを感じます。理数の世界と身体の美というのは根本的にはつながっていると思うのですが、専門領域や言語が異なる中でどのように2つをつないで引き出されているのでしょうか？

**A:** 私というよりは、やはり伊東さんや妹島さんがそういう素晴らしい感性を持っていらっしゃるからだと思います。最初に「構造・構築・建築」というダイアグラムをお見せしましたよね。構造というのは私にとって本質論ですが、その横に力学と美学と書きました。それらはどうやっても交わるものではないのですが、あえてそこに書いたのは、私の気持ちです。それはちょっと説明することができません。

強いて言えば、尊敬する大構造家の坪井善勝先生の名言があります。「真の構造美は、構造的合理性の近傍にある」。合理だけを追いかけていくと、味気ないものになる。とって、合理を抜いては、格好いいものにならない。そのところの塩梅というか、さじ加減が一番、設計としては重要だということです。

黒川 ありがとうございました。最後のお話に関して申しますと、私はどこかで力学的な合理性というのは、最後は美だと思うのです。ですから、佐々木さんはいつも美しいものを追求なさっていると思います。そして、それが数値でも、美の流れの中にそいとげているという感覚でいつも拝見しています。今日は本当にありがとうございました。

以上

2015 年度第 8 回物学研究会レポート

「構造の美学」

佐々木睦朗氏

(構造家、法政大学教授)

---

写真・図版提供

01 ; 物学研究会

編集=物学研究会事務局

文責=関 康子

- [物学研究会レポート] に記載の全てのブランド名および商品名、会社名は、各社・各所有者の登録商標または商標です。
- [物学研究会レポート] に収録されている全てのコンテンツの無断転載を禁じます。

(C)Copyright 1998~2015 BUTSUGAKU Research Institute.