

# 東京オリンピック代々木体育館の模型製作

長崎大学工学部構造工学科

松田 浩

長崎大学工学部構造工学科 4 年生

神原天鳴，楠原絵美，津崎隆士，出口万里子，出水享，旗崎真臣

## 1 研究の背景

申請者は，ここ数年来，設計製図の授業（3 年次）の 3 ～ 4 コマを使って，1 グループ 5 人程度のグループによるトラス橋とサスペンション膜構造の模型づくりを実施している．トラス橋は，軽くて強度が強く，かつ美観に優れたものを製作するという条件で，ブリッジコンテストと称してコンペティションするものである．これは，トラス構造物を製作し，鉛直荷重を作用させ，トラス構造物の破壊性状を観察し，トラスの力学的特性を理解させることを目的に実施している．学生達は材料力学や構造力学や鋼構造設計法で学んだ知識を駆使してトラス橋を製作しており，時には「なるほど！」と思いたくなるようなトラス橋を製作している．はじめは面倒に思って乗り気ではなかった学生も，トラス橋を製作していくうちに真剣になっていき，破壊試験の際には壊されるのをじっと見守っている．

また，申請者は，ここ数年来，卒業論文や修士論文の研究とは別に，研究室全員で橋の模型製作を実施している．卒業研究では，橋梁やシェル構造などの解析を中心とした理論的な研究を行っているが，「模型づくり」を通して，構造物の製作の楽しさ，難しさを実感させるとともに，組織の一人として行う仕事を体感させることを目的として毎年実施している．

この試みは，学生の間にも好評で，他研究室の学生からも参加を希望する者もいる．これまで，大島大橋（斜張橋），西海橋（アーチ橋），中央橋歩道橋（創作），通常のプレートガーダー橋（桁橋）を製作した．申請者が土木出身ということもあって，橋ばかりを製作してきた．申請者が所属する構造工学科には建築志望の学生も多くいるので，今年度は吊構造を主構造とする東京オリンピック代々木体育館の模型製作を計画した．

『何故，代々木のオリンピック体育館か？』という問に対して，今まで吊橋を製作していないことと，代々木オリンピック体育館が吊橋に倣った吊構造の張力主体の建築構造であり，しかも日本を代表する丹下健三先生と坪井善勝先生による建造物であるからである．

## 2 研究目的

人類は道具を作って使うようになってから頭脳が飛躍的に発展したともいわれる。現在の大学教育においては、講義終了後、実習を行なうのが普通のスタイルであるが、学生たちは単なる机上の講義より、実際に手を動かして物を作る方が力学原理を学ぶ上でのモチベーションは高まる。このことは、申請者が授業の中での模型つくりと研究室での模型つくりを通して実感している。

本研究の目的は、研究の背景の欄でも述べたように、「模型つくり」を通して、実際の構造物の製作の楽しさ、難しさ、組織の一人として行う仕事を体感させるとともに、建築構造物に対する立体的感覚を養うことを目的に、吊構造を主構造とする東京オリンピック代々木体育館の模型製作を実施する。

## 3 この研究によって期待される効果

前述したように、申請者は講義と研究室での模型つくりを通して、学生の能力も実際に手を動かして物を作るとモチベーションが高まり、いろいろな能力が育つと信じている。実際、力学の試験ではギリギリの点数で合格した学生でも、いざ軽くて強いものという課題の下では、構造力学を駆使して素晴らしい構造を提案してくる。また、斜張橋ではケーブルを均等に緊張して架設することが實際上重要となるが、模型製作においても学生自ら架設工法を調べて、ケーブルを一様に緊張するように工夫している。このように模型つくりを通して、つくることの楽しさ、難しさを学ぶとともに、構造力学や鋼構造などの力学を学ぶ必要性を高める上で有意義である。

## 4 実施計画

代々木体育館の模型製作において、以下のような実施計画を立てた。

### 1. 文献・資料調査 (2ヶ月)

代々木体育館の構造やディテールなどの文献調査を行い、図面や資料を収集する。

### 2. 模型の縮尺と材料選定 (3ヶ月)

収集した図面や資料をもとに、製作する模型の縮尺を決定し、その縮尺に合った図面

を描く．図面が完成すると，それに適用するためのケーブル材，屋根材，柱材などの材料を選定する．

### 3. 模型製作 (10ヶ月)

図面や資料をもとに，代々木体育館を製作する．

## 5 実施報告

前記のような実施計画に基づき，平成 13 年度の研究室 4 年生による模型製作を開始した．

### 5.1 文献・資料調査

代々木体育館の文献・資料を収集するとともに，文献 (2) を研究室学生と輪読した．

4 年生になってすぐの学生にとって，建築学の専門の英語論文を読むことがはじめての体験であり，英語の専門用語の和訳がうまくできなかつたり，日本語として理解できない和訳をしたり，また，とても時間がかかたりした．しかし，文献 (3) と併わせて実施すると随分スムーズに進むようになった．その成果物として学生が作成した英日対照資料を別に添付する．

当初，文献・資料調査には 2ヶ月間を予定していたが，4月～7月までかかった．

### 5.2 模型製作

代々木体育館は構造的には次の 3 つのシステムの組合せから成立している．

1. メインケーブルとスタンド外周との間に構成される吊屋根面
2. メインケーブル，メインポール，アンカーブロック，圧縮タイの間での吊橋と類似のつり合い系を形成し，屋根面からの力を主な荷重とする中央構造
3. 屋根面からの引張力とスタンド重量とでバランス構造を形成している外周構造

#### 5.2.1 基礎構造

模型の縮尺は，文献を参考にして 1/200 とした．まず，代々木体育館の構造模型製作において，「吊構造の建造物らしさをどう作るか」について討議した．いくつかの案について，仮構造を作成したり，絵に描いたりしたが，最終的には，写真 1～3 に示すようにベニ

ア板を2枚用いて、その間に基礎を作ることにした。これは完成後も横から基礎部を覗くことができるようにするためである。

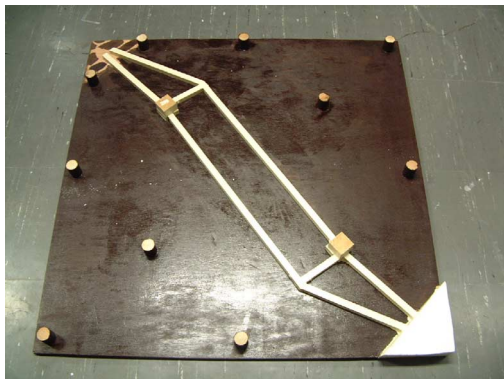


写真1 アンカーブロックと圧縮タイ



写真2 基礎



写真3 横からの見た基礎部

### 5.2.2 外周構造の製作

外周構造は、写真4、5に示すように、型枠を作って、あたかもコンクリートを打設するかのように石膏を用いて製作した。

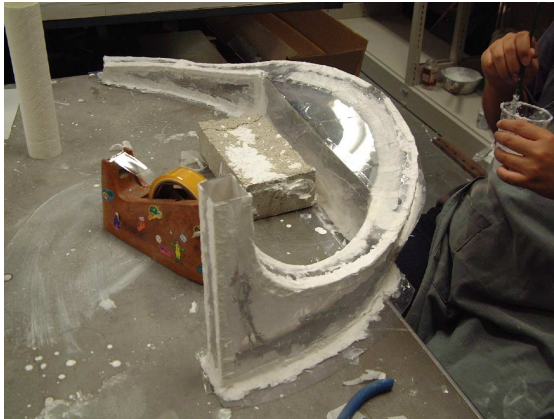


写真 4 スタンド外周部の型枠製作



写真 5 スタンド外周部の製作

### 5.2.3 中央構造の製作

写真 6 に示すように、アンカーブロック、圧縮タイを製作後、メインケーブルをアンカーブロックに取り付けた。次に、写真 7 に示すように、メインポールを作って吊橋と類似のつり合い系を形成する中央構造を製作した。また、押えロープと吊鉄骨 (剛度の必要性から、吊りロープには H 形鋼が用いられた) を配置した。実構造の文献を参考にして、吊鉄骨には竹ひごを使用し、押えロープには極細ピアノ線を使用した。

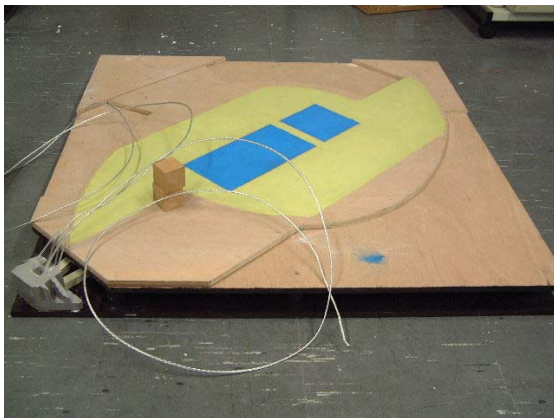


写真 6 メインケーブルの取り付け

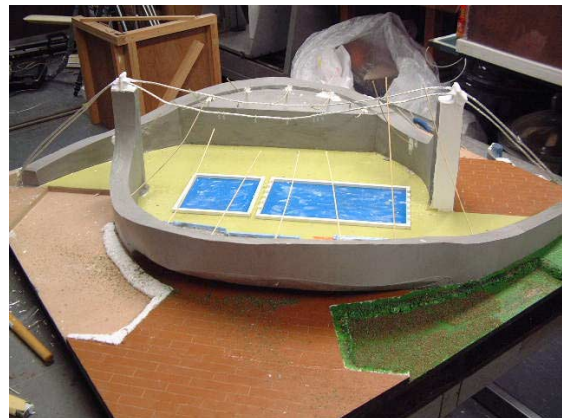


写真 7 屋根構造の製作

### 5.3 完成模型

完成後の写真を以下に示す (写真 8 ~ 13) .



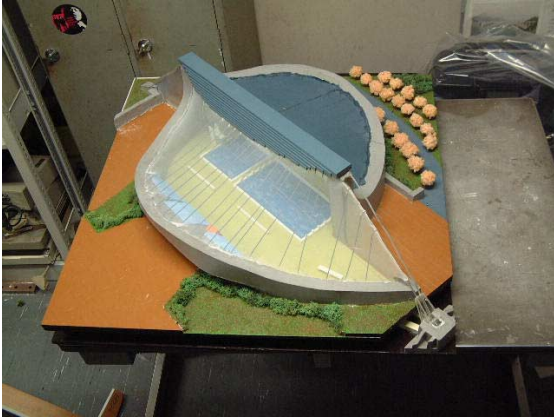


写真 8

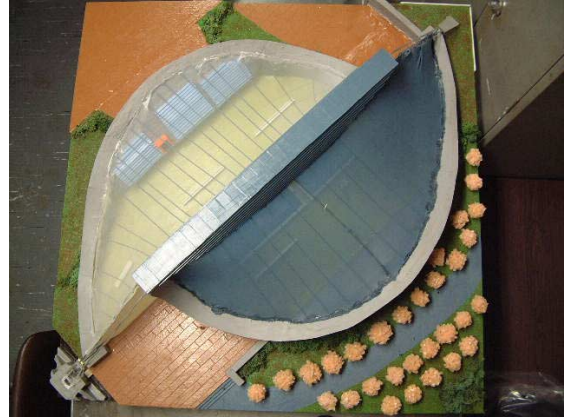


写真 9



写真 10



写真 11

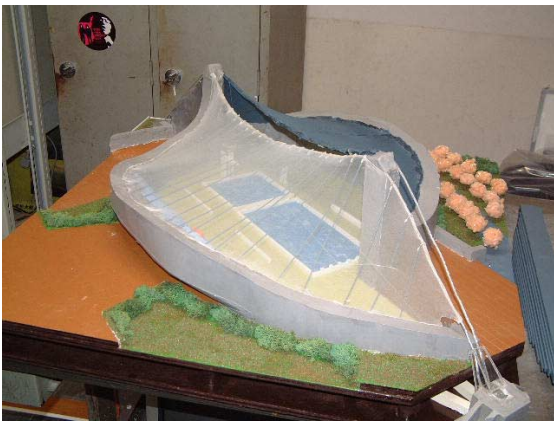


写真 12



写真 13

## 6 あとがき

平成 13 年度は、橋以外としてははじめて建築構造物の模型づくりを実施した。文献を読んで、それに基づいて模型づくりを行なうと、学生にとって力の流れや構造原理を理解するための一助となるものと考えられる。学生は、ケーブルアンカー構造、吊ケーブル、押えケーブルなどのディテールについても細かく調べて、できるだけ忠実に模型を作っている。今年度は模型づくりだけを行ったが、製作した模型での実験・解析などを併せて進めてゆけば教育効果はさらに上がるものと考えている。

最後に、本模型製作に対して助成金を賜りました財団法人トステム建材産業振興財団に感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Y.Tsuboi und M.Kawaguchi : Probleme beim Entwurf einer Hängedachkonstruktion anhand des Beispiels der Schwimmhalle für die Olympischen Spiele 1964 in Tokio, Der Stahlbau, ss.65-85, Heft 3 1966.
- [2] Yoshikatsu Tsuboi und Mamoru Kawaguchi : Design problems of a suspension roof structure — Tokyo olympic swimming pools —, Report of the Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, pp.110-164, 1966.
- [3] 日本鋼構造協会編：吊構造， pp.402-415, 1975.
- [4] 土木学会編：ケーブル・スペース構造の基礎と応用，(第 10 章 空間構造)， pp.303-326, 1999.