

## 鋼橋の設計と製作にチャレンジ

—2011 スチールブリッジコンペティションを目指して—

社会環境工学科 4年 山元隆彰 担当教員：葛西昭

### 1. はじめに

鋼橋は、長大橋と呼ばれる長いスパンの橋梁から、一般的な都市高速などで見られる高架橋の類まで幅広く利用されている。今回は、スチールブリッジコンペティションに参加することもあり、競技ルールに従って鋼橋の形式等を検討した。部材の継手形式や橋の軽量化を図り、架設技術や載荷試験による橋の性能チェックを行うなど、橋梁の構造美、製作コストの縮減、架設技術の重要性を習得することが主目的である。

鋼橋模型(スパン 3m, 幅員 0.6m)を設計から取組み、解析、製作した後、架設作業についても学生自身が習熟することが特徴である。この一連の作業から構造工学等で学んだ基礎的技術に応用する力を身につけ、過程で生じた問題に対して解決する手法を学ぶ。また、ブリッジコンペティションには、研究室の学生を中心にチームを作って参加した。つまり、協調性や専門知識の確認と応用力や問題解決力の養成、更に大学間での学生交流を図ることが可能となる。ブリッジコンペティションに参加して、他大学の作品に触れることができた。最後に、工学部の夢科学探検にも出展し、設計、製作および製作過程を展示し説明した。

### 2. 模型の設計と製作および載荷試験

#### (1) 模型のデザイン

ブリッジコンペティションに参加するという目的があるので、競技ルールに則った模型のデザインを検討した。主なルールは以下のようである。

- ・ 鋼橋の大きさ：橋長 3m, 高さ 60cm, 幅 60cm 以内
- ・ チーム構成：4-6 名
- ・ 審査項目：架設時間 (30 分以内), 美観, プレゼンテーション, たわみ (6 mm 近似), 総重量等

日本全国から各大学が出場してくるということで、鋼橋を通して、熊本を表現するためのコンセプトを考えた。さらに、前回大会では美観部門で第1位という輝かしい成績を取っていたので、今年は橋梁の左右が逆トラスという「非対称」をテーマとした。デザインコンセプトは、九州の中央部にそびえたつ火山である阿蘇山をイメージした。阿蘇山は世界最大級のカルデラであり、熊本のランドマークのひとつである。それゆえ、阿蘇山の雄大な自然の山々を表した緑を基調

とした色合いとし、阿蘇の山をイメージして、トラスタイプの橋梁形式をデザインした。トラスは三角形とし、左右から見て、それぞれトラスは逆向きとなっている。

写真-1 は研究室で行ったデザイン案に関する検討風景である。

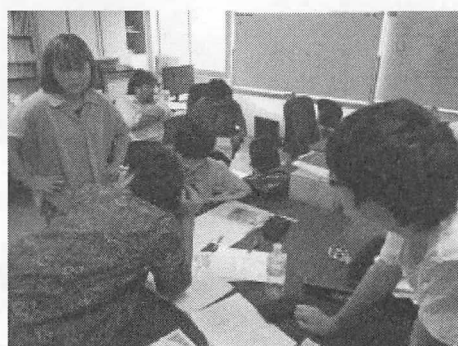


写真-1 デザインの検討風景

#### (2) 模型の製作

製作した模型は、軽量でありかつ模型のスパン中央部に荷重 400 kg を載荷した時の鉛直変位ができるだけ 6mm に近くなることが要求された。そこで、解析により必要な断面を算定した結果、軽量部材として形鋼の中からみぞ形鋼部材を選定して材料とした。その他、角型鋼やプレートなど利用した。製作にあたっては、ものくり工房を利用して、部材の切断、ボール盤による穴あけ、部材同士の溶接、グラインダーによる仕上げなどの作業を手分けして行った。作業では慣れない作業であることから最初は技術職員の支援をもらったが、慣れてくると溶接作業等はほとんど上手になった。なお、1つの部材が 150 mm × 150 mm × 800 mm に収まる条件があることから、ボルトを通すための穴をあける作業が多くなった。

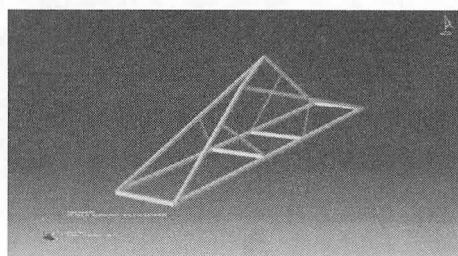


図-1 決定した模型のデザイン

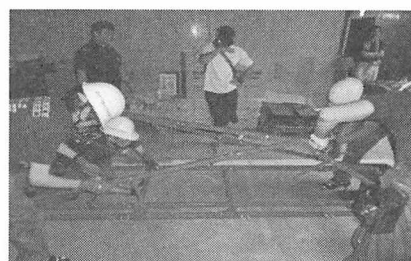
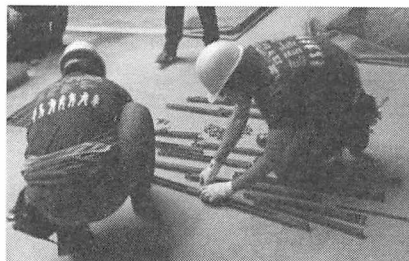


写真-2 架設作業の様子

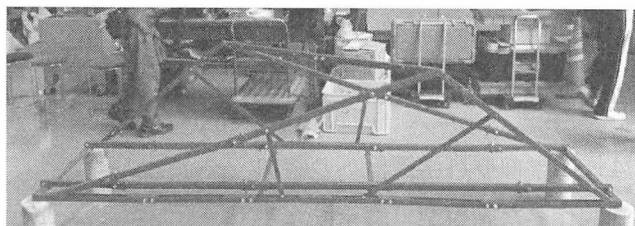


写真-3 完成した鋼橋

### (3) 架設作業

通常の場合は模型を一度製作すれば終了であるが、今回はブリッジコンペティションに参加するため、ルールに沿った架設作業の競争の準備が必要であった。そこで、模型の製作後にどのような手順で作業を行えば手際よく架設作業が行えるかを検討した。写真-2はその作業の一風景であるが、試行錯誤を繰り返しながら手順の検討を行った。架設手順としては、橋台に乗せる前3つの部材をボルトで組み合わせる。次に、橋台に乗せて主桁から縦桁を組み、最後に斜材と桁をプレートで繋いで完成となる。なお、架設に際しては、架設中はボルトや工具を落としてはいけないし、川と想定された120cmの区間に侵入してはいけないなどのルールがある制限がある。

### (4) 載荷試験

載荷試験では、写真-4に示すようにスパン中央部に60cm幅で最大400kgfまで載せて鉛直変位を測定した。データは残していなかったが、本番前に2回程試験を行った結果、1回目は5.87mm、2回目は6.14mmであった。

## 3. ブリッジコンペティションへの参加

### (1) ブリッジコンペティションとは

ブリッジコンペティションは、日本で開催された最初の学生の橋模型の製作競技である。このコンペティションでは、学生自身が橋梁の設計、製作と架設を行い、ものづくりの真の楽しさを経験するものである。

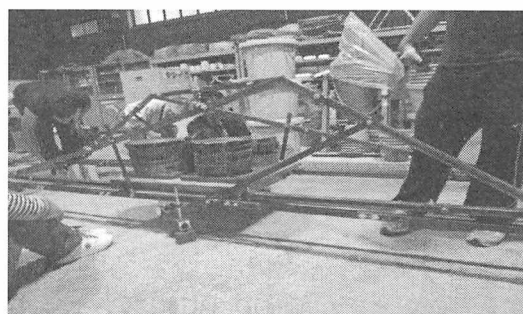


写真-4 載荷試験



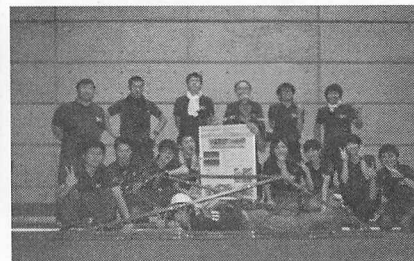
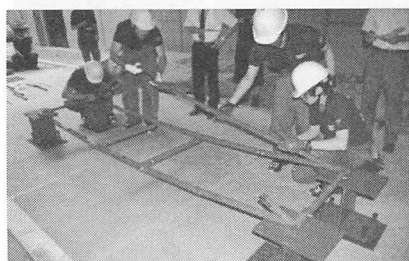
図-2 ブリッジコンペティションポスター

図-2 はブリッジコンペティションのポスターである。

ブリッジコンペティションの目的は、以下の通りである。

- 大学の学生や参加者の国際レベルの協調性を養うこと。
- ブリッジコンペティションで大学の学生や参加者の基本的な工学知識の応用力を培うこと。
- ブリッジコンペティションを通じて大学の学生や

参加者の問題解決力を培うこと。



写真—5 ブリッジコンペティションの様子

- ・大学間の学生や参加者間の交流を図り、設計・製作技術や多くの知識を習得すること。

#### (2) 大会で競技実施状況

ブリッジコンペティション9月2日から3日にかけて京都大学で行われた。しかし、大会当日に台風が急接近するとのことで、前日の2日にプレ大会、当日の3日にはエキシビジョンマッチということで、大会を開催した。この大会には13大学から15チームが参加して、それぞれ独自の橋模型の性能を競った。橋梁形式はトラス、単純桁それにアーチなどであった。熊本大学は、競技では架設時間20.8分、重量38.0kg、載荷時のたわみが6.47mmであった。この結果は、全体の成績では、架設部門で3位、構造部門で3位、そして美観部門が2位となり、総合（架設+構造+載荷部門）で2位という輝かしい結果を残すことができた。（2日間ともプレゼンテーション審査は行われなかった。）

大会としては今回が第2回であり、前年に第1回大会が行われており、その時に美観部門で1位を取り、熊本大学は特に美観部門においても特別視していた。他の部門においても順位の全体的な引き上げを目指し、学生特有の独創的な鋼橋の作製に取り組んだ。また、大会出場者の中で3年生は少なく、多くの大学が4年生や大学院生のチーム構成であった。競技において3年生がよく頑張ってくれたことは、出場した意義があったと思われる。また、他大学の橋模型、チームワークやプレゼンテーション等を見ることができ、自分たちが考えることのなかった橋のデザインや架設方法を知ることができたことはよい学びの場になった。架設時間も練習より本番時はタイムが短くなり、練習するたびに架設作業も早くなった。ブリッジコンペティションを通して、単に橋構造についての知識や理解が深

まただけでなく、長期間の製作活動や大会参加を通して、さまざまな人との親睦も深まった。

#### 4. 工学部夢科学探検への参加

製作した鋼模型再度組み立てて展示した。ただ展示するだけでなく、400kgの載荷に鋼橋が耐えられたことを証明するために来場者の方々に乗ってもらった。また、鋼模型の製作過程やブリッジコンペティションの成績等のポスターを作成し、ブリッジコンペティション当日に使用したポスター（図—3参照）や賞状、楯とともに展示した。また、来場者の方々には、実際に1部材を鋼橋に直に架設してもらうなどの取り組みも行い、架設作業を体験してもらった。

工学部夢科学探検の当日の来場者は子供が多いことを予想していたので、怪我をしないように接合部は梱包用のビニールシートでカバーして、安全性を高めた。

また、ポスターの説明をする際に、ブリッジコンペティションに参加していた他大学の優秀な鋼橋について聞かれた際に、口頭で説明する以外にも他大学の鋼模型の写真等を用意しておけば、もう少しわかりやすい説明ができたと思われる。他にも、一般の人から橋に関する多くの質問があったが十分な回答ができなかったのも、知識を増やそうと鋼橋の専門知識向上や勉強意欲が今まで以上に高まった。

上記のようにマイナス面などが多かったかもしれないが、模型という実物があつたこととブリッジコンペティションでの頑張りが評価されたことあつてか、学科内の展示物の中で好評価を受けることができた。



図-3 夢科学探検用のポスター

4. まとめ

ブリッジコンペティションに出場するという計画のもとで取り組み、2度目の参加だったが、3年生のインターンシップが鋼橋の作製時期にかぶってしまったことなどのこともあり、当初予定も大幅に遅れてしまった。また、慣れない作業である部材の加工に時間がとられたことが要因である。この反省から、鋼模型の部材をもっと少なくすることや加工の時間短縮することが必要であると感じた。さらに、鋼橋の重量は全チームの中で熊本大学のものが一番大きかったので、部材の更なる軽量化の必要性を感じた。今回、鋼橋の製作と設計の実施、ブリッジコンペティションと夢科学探検に参加してみて、構造工学などの授業で学んだ基礎的な技術の必要性を学んだ。一連の作業で様々な問題が生じた場合、話し合いにより解決していくことで自分の未熟な部分や知識の少なさを補うことができたと思う。また、一連の講義では学べないような設計・製作技術や多くの知識を習得することができた。今後は、この学んだ経験を卒業研究や修士での研究あるいは就職等に活かすと共に後輩へと伝えたい。さらに、次の大会では、部門ごとの精度を高くするという目標を持って臨みたいと思う。また、他大学のチームを見て学んだことや自分たちの反省を活かしてよりよい模型を作りたいと思う。