

生徒発表

～ 5分間で組み立てる～ 人が渡れる錦帯橋模型

福岡県立福岡工業高等学校 都市工学科

製作発表者 吉村 栄治・梅田 善規・勝田 直人・鈴木 滝斗
福島 由仁・山下 翔平・結城 聡
指導者 山口 敏廣・池田 雅弥

1. はじめに

本校は福岡市の西部に位置し、明治29年創立以来、平成21年5月に113周年を迎えた。

平成17年度、専門に特化した学校を目指し、染織デザイン科、建築科、機械工学科、工業進学コース、情報工学科、環境化学科、電気工学科、都市工学科、電子工学科の8学科1コースは学科名を改め、再スタートを切った。

生徒達は「燃えろ 福生工、目指せ 日本一」をスローガンに掲げ、文武両道の精神でさらなる飛躍を目指し日々頑張っている。

本研究は、都市工学科の生徒が平成19・20年度の2年間に渡り課題研究で取り組んだものである。

2. 研究テーマ決定の背景

福岡県高等学校工業クラブ連盟主催の生徒研究発表県大会は、平成20年度に18回目となる。この大会は、機械系や電気・電子系学科のいわゆるハイテクで動力を用いた作品の発表が多く、入賞も機械系や電気・電子系が独占していた。

一方、建設系学科の作品と言え、ダムや道路、橋、建物など構造物模型が大半で、いかに精巧な模型を作っても、動きのある作品に対して建設系の静的な作品は、あまり注目されなかった。そこで、12年前に生徒達と考え抜いた末にたどり着いたのが、短時間で組み立てができ、さらに人が渡れる橋の模型であった。

15分の発表時間内に製作過程のプレゼンテ

ションと組立実演を行い、組み立てた橋を直ぐに生徒が渡るという全く新しい発表形態は、審査委員の方々だけでなく一般聴衆の方々からも大きな拍手をいただいた。その場で組み立てることで、静的な作品は動きのある作品に変わり、また、その仕組みまで同時に紹介することができたのである。

平成10年に発表した「人が渡れる眼鏡橋模型（アーチ橋）」は、第7回生徒研究発表県大会で優秀賞を受賞した。

3. 研究の目的

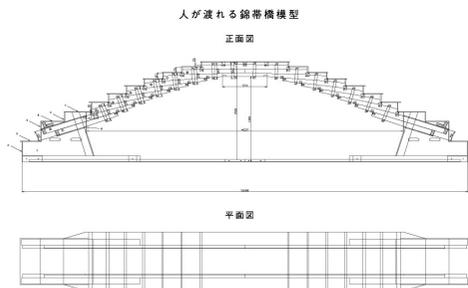
①人が渡れる強度を持つこと ②短時間で組立・分解が出来ること ③持ち運びが容易であること の3点を研究目的として12年間、眼鏡橋、猿橋、跳ね橋、吊り橋など、数々の模型製作を経て、今回の錦帯橋模型へと続いている。

4. 研究内容

錦帯橋は山口県岩国市にあり、日本3名橋や



山口県岩国市の錦帯橋



錦帯橋の設計図

3奇橋と呼ばれている。この橋は、石積みを橋脚とした5連のアーチからなり、中央の3連は支持柱がない。錦帯橋の中央部は、桁材を帯鉄で束ねたアーチ構造となっており、径間35mは、現代工法を除けば、現存する木造アーチ橋としては世界最長である。

錦帯橋の製作について、これまでも何回か計画の話はあったが、その複雑な構造を知るにつれ、高い技術力と多くの時間を要することが分かり生徒達は敬遠してきた。しかし、平成19年4月錦帯橋の模型を是非作りたいという熱い思いを持った生徒達が集まり、この橋づくりへの挑戦が始まった。

最初は小さな模型の試作品を作り、イメージを固めてからCADで設計図面を描いた。次に、各部材を原寸大でプリントアウトし、それを型紙として使い木材を切り込んでいった。主桁を連結する部分と2つの橋台部分を固定するために帯鉄と鉄製アングルを用いた。

製作するにあたり、生徒は1年の工業技術基礎で学んだ溶接技術や金属加工技術及び2、3年生の製図で学んだCADの技術が役立った。

5. 製作にあたっての工夫点

工夫①

主桁の角度をどのように変えて、アーチ状にするかが最も悩んだところである。初めは主桁後部に横桁を挟んで徐々に角度を付ける方法を考えていた。しかし、この方法では連なる主桁の間に隙間ができ安定性に問題がある。実物と

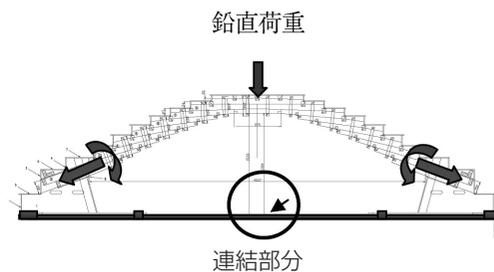


主桁の角度付け切削

同じようにくさび状の部材を挟むことも考えたが、全く逆の発想で主桁の上面を削り取り角度を付けてアーチ型を完成させた。

工夫②

アーチ橋に作用する鉛直荷重は、橋台に曲げモーメントと圧縮力として作用する。この外力に抵抗するため、橋台下部にL型鋼を配置して、両橋台を一体化するようにした。L型鋼は中央部で連結するが、橋台の間隔を決めるという重要な役割も兼ねている。



工夫③

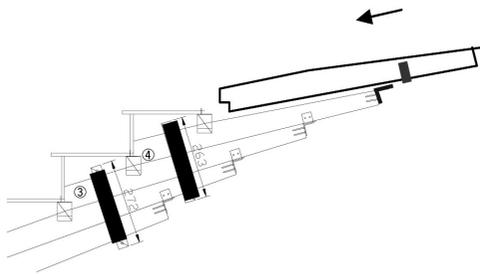
主桁を束ねる巻金については、実物のように固定してしまうと組立・分解ができなくなる。そこで、帯鉄を一定間隔の矩形状の巻金に加工し、それをスライドするだけで重ねた主桁を簡単に連結できるようにした。また、主桁どうしは下部桁先端のL金具を上部桁腹部の受け金具に差し込むだけで固定することができる。これにより、橋は短時間で組上がるとともに桁の横ずれ防止にも役立った。



主桁の連結(巻金をスライド)



曲げ強度試験



6. 部材の強度と橋の安全性

主桁のトガ材について強度試験をした。その結果、断面72mm×44mmの主桁の曲げ強度は平均28.1kNであり、抵抗曲げモーメント $M_r = 2.108 \times 10^6 \text{ Nmm}$ という計算結果であった。そこで安全率を3と見込み、許容曲げモーメント $M_{ra} = 7.03 \times 10^5 \text{ Nmm}$ とした。この値は、主桁の中央部に1329N (約136kgf) が作用しても十分安全と言える。アーチ構造は、鉛直方向の荷重が主桁軸方向への圧縮力に変わるので、実際はこれ以上の荷重にも耐えることになる。これぞアーチ構造の威力である。

7. 成果と課題

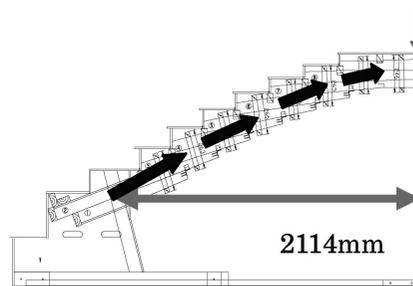
最初に掲げた3つの研究目的を達成していく過程で数々の課題が生じたが、生徒達はその都度知恵を出し合い克服してきた。

研究の成果

① 製図や実習などの授業で学んだ知識や技術を活かすことができた。特に設計や材料の切り出しにCADの利用技術が大変役立った。

回数	曲げ強度 (kN)
1回目	26.7
2回目	28.0
3回目	29.7
平均値	28.1

1329N (136kgf)



- ② 材料の曲げ強度試験で錦帯橋模型の安全性を力学的に確かめることができた。
- ③ この橋づくりを通して先人達の知恵や技術を知ることができた。

課題

高欄はマジックテープとマグネットで簡単に取り付けることができるが、これはあくまでも飾りである。橋の最頂部の高さは1.5mほどあり、高欄があることで少しは安心感を持てるが転落防止としての機能はない。



完成した錦帯橋の2連橋

展示中に一般の方々に渡ってもらう際は、必ず安全監視員を置く必要がある。

8. おわりに

この「人が渡れる錦帯橋模型」は、平成20年1月福岡県高等学校工業クラブ連盟主催の生徒研究発表県大会で最優秀賞を受賞し、同年7月の九州地区高等学校工業系生徒研究成果発表大会では最優秀賞を受賞した。

また、21年2月には全国工業高等学校長協会主催の第6回高校生技術・アイデアコンテスト全国大会で優秀賞を受賞し、さらにこの製作に関わった生徒の多くが土木技術研究同好会のメンバーだったことから、団体としての活動が認められ、福岡県教育文化表彰まで賜った。

これらの受賞は直ぐに新聞・テレビ等でも取り上げられ、数々の取材を受けることになった。生徒達は緊張の表情の中にも卒業前に良い思い

出になったと大変喜んでた。

学校としても、ものづくりに取り組む生徒達の頑張りを広く地域の方々に知っていただき本当に良かったと思う。4月には県庁ロビーでも展示をさせていただいた。

今回の模型製作にあたって、生徒達は初めて扱う工作機械や器具にとまどいを見せていた。しかし、徐々に使い慣れ、加工技術が上達し、形として表れてくる橋を見て表情は一変した。12月の校内生徒研究発表会に間に合わないのではないかと心配になった生徒達は、連日放課後夜遅くまで残り、さらに休日も出校して製作に励んだ。

ものづくりには3つの楽しみや喜びがある。まずは何を作ろうかという発想する楽しさである。頭の中に描いたものが形として表れ、それが作品として残る。次に、製作する過程で様々な課題が生じるが、知恵を絞ってそれを解決した時の喜びである。これは、ある意味苦しいことだが、乗り越えると楽しいものである。最後は、何と言っても望み通りの作品が完成した時の喜びである。これは、完成度が高ければ高いほど達成感が味わえる。

生徒達には卒業しても、このものづくりに掛けた情熱をいつまでも忘れないで、さらに人を感動させるような作品を世に送り出して欲しいと願っている。(組立模様はYou Tube「福岡工業 錦帯橋」で検索しご覧ください。)



19年度錦帯橋(1連橋)を完成させた生徒達



20年度 錦帯橋(2連橋)を完成させた生徒達