

学校教育におけるブリッジコンテストの実施方法と評価方法に関する検討

福井工業高等専門学校 正会員 ○ 吉田雅穂
福井工業高等専門学校専攻科 高橋佳代

1. はじめに

昨今の教育改革の流れのなか、理工系学校では「ものづくりを通じた創造性教育」の重要性が指摘されており、特に近年ではコンテスト形式のものづくり教育が盛んに行われている。例えば、機械系ではロボットコンテスト、情報系ではプログラミングコンテストなどであり、土木系ではブリッジコンテストが実施されている。このブリッジコンテストは、ある定められた材料と作製条件の下で、参加者の創意工夫で橋梁模型の設計と作製を行い、その強度を参加者同士で競い合うものである。土木系の実験実習カリキュラムの中で構造物の完成形を作製する数少ないテーマの一つであり、学生は楽しみながら積極的に取り組んでおり、教育的見地からも高く評価されている。一方、国内では工業系の高校、高専、大学の実験実習や学校行事、また中学校の技術の授業などで実施されているが、その実施方法は各校独自のルールで行われており、今後実施予定の学校においては、設定した教育目標に応じてどの様なルールで得られた結果をどの様に評価すべきかについて不明の点が多い。そこで本研究では、各教育目標に応じたコンテストの実施方法や結果の評価方法を構築することを目的とし、教育機関に対するアンケート調査、強度試験の影響因子に関する模型実験、および本校のコンテスト結果の要因分析による検討を行った。

2. 本校におけるコンテストの概要

本校のコンテストは環境都市工学科3学年の実験実習の時間を利用し、約40名のクラスを6班に分け、各班約7名ごとに競い合っている。橋の材料は4×80×600mmのバルサ材（カワイウッド）であり、貸与したカッター、カッターマット、500mm定規を用いて20本に切断した4mm角の部材を用いて橋を作製する。作製条件は橋長600mm、支間長500mmとし、接合部のみに接着剤（セメダインC）を塗って部材を接合する。なお、部材を2本以上重ねて接着することは不可とし、橋軸方向に幅50mm、高さ20mm、長さ600mmの空間を確保することを要求している。

強度試験は、写真-1に示すように支点上においた橋模型の支間中央部に載荷棒を取り付け、その下におもりを入れる容器を吊り下げる。おもりは重さの定められた鋼製のボルト、ナット、ワッシャーの3種類を適宜選択して容器に投入し、容器の下に設置したダイヤルゲージ式変位計でおもりを加えた際の変位を計測していく。そして、完全に落橋するまでおもりを投入していく。

評価項目は外観、経済性、強度の3要素であり、外観は参加者全員による投票の得票数の多いもの、経済性は橋の自重の軽いもの、強度は強度試験における最大耐荷重量の大きいものを上位とする。なお、本校では橋の最大耐荷重量を橋の自重で割ったCP値（コストパフォーマンス値）を定義し、外観の順位とCP値の順位に応じた評価点を合算した点数により総合評価をしている。

3. アンケートによる事例調査

国内におけるブリッジコンテストの実施状況、および実施方法や評価方法を調べるためアンケート調査を実施した。調査対象は県内外の中学校、高校、高専、大学、専門学校の計71校であり、43件の回答を得て回収率は約61%であった。このうち工業高等専門学校土木系の28学科に着目すると、本校も含めて回答のあった21学科のうち10学科でコンテストが実施されており、そのうち6学科が授業形式、残りは公開講座や学校祭等で実施する形式で、古くは平成8年より実施している学校もあった。ま

た、実施していない11学科についても7学科で今後実施してみたいという回答があり、その関心が非常に高いことが推測できる。

授業形式で実施している6学科の実施要領を整理すると、材料としては木材と紙の2通りがあり、紙はケント紙と段ボール、木材はバルサ材とベニヤ板であった。接着剤は本校以外は全て木工用ボンドであった。橋長または支間長は200mmから600mmであり、材料が紙の場合には短い傾向にある。評価方法は最大耐荷重量が基本であるが、最大耐荷重量÷自重、最大耐荷重量÷自重の二乗、最大耐荷重量と予想値の差÷最大耐荷重量など様々な評価式が提案されており、それらを組み合わせて評価する学校もあった。また、外観を評価していた



写真-1 強度試験の様子

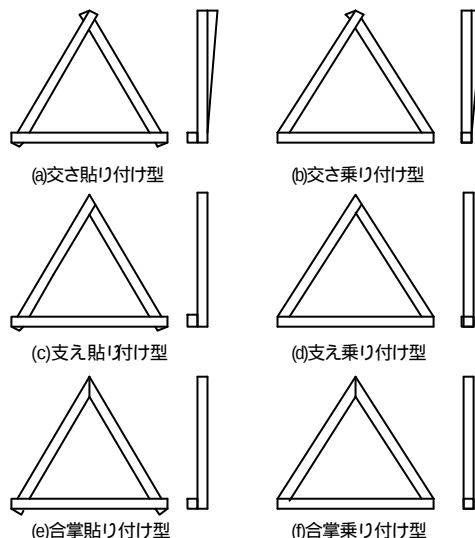


図-1 トラスの接合形状

学校が2校あり、その材料はいずれも木材となっており、木材の方が紙よりもより実構造に近い模型が作製できるためと考えられる。

4. 強度試験の影響因子に関する検討

(1) 接合形状による影響 コンテストに出品される橋模型にはトラス構造がよく用いられるが、その接合部の形状が強度に与える影響を模型実験により検討した。これまでの作品に見られた接合形状を参考に図-1に示す1辺60mmの6種類のトラス模型を設定し、下部材を45mm間隔の支点上に設置してトラス上部から載荷する強度試験を行った。その結果、貼り付け型では各接合部で剥離が生じ、乗り付け型では部材が折損する破壊パターンが確認できた。最も大きな耐荷重量を示したのは(f)合掌乗り付け型であり、他の形状の1.5倍から3倍程度の強度であった。接合面の角度を正確に加工する必要があるため作製の手間は増えるが、強度を高めるための技術として重要なことであり、専門知識のない参加者レベルのコンテストではこのような基礎知識を事前に提供する必要が

キーワード：学校教育、土木教育、ブリッジコンテスト、アンケート調査、模型実験

連絡 先：〒916-8507 福井県鯖江市下司町 Tel&Fax: (0778)62-8305 Email: masaho@fukui-nct.ac.jp

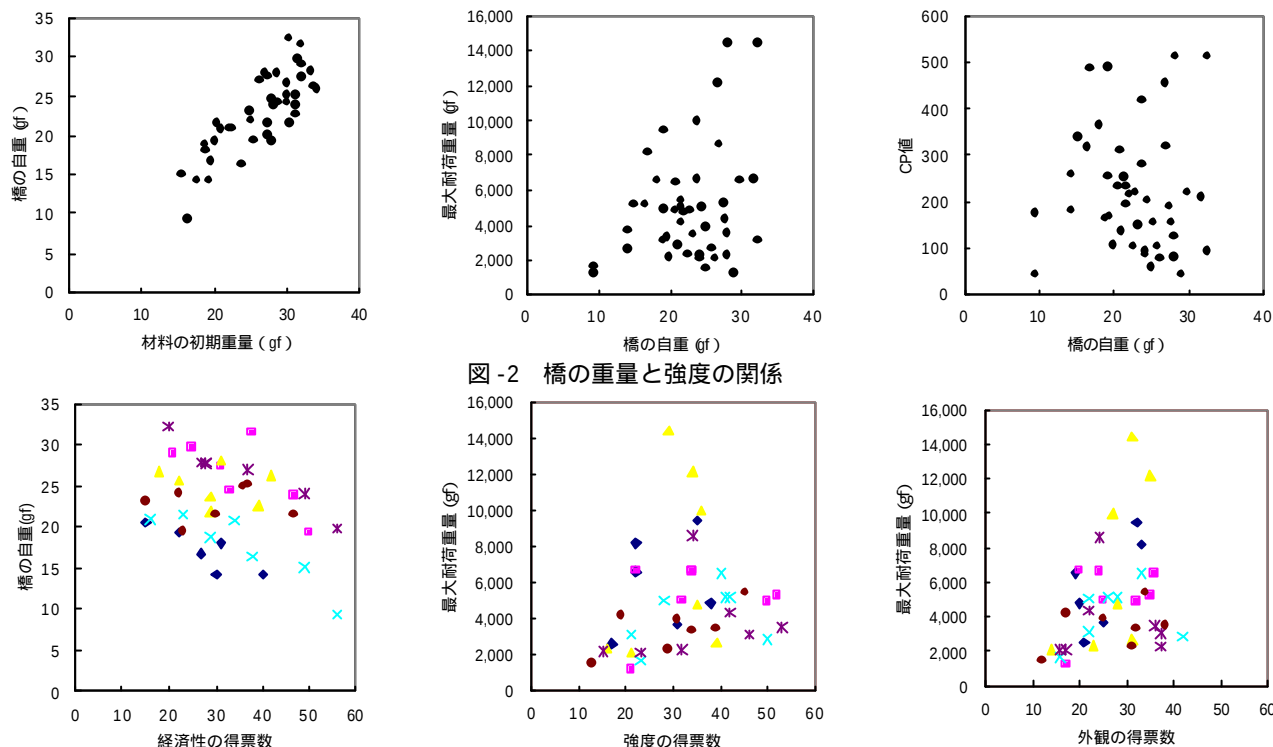


図-2 橋の重量と強度の関係

図-3 コンテストの予想と結果の関係

あると思われる。

(2) 接着材による影響 強度試験では部材接合部の剥離による破壊パターンが確認されており、これは接着剤の強度によるところが大きいと考えられるため、接着剤の種類が強度試験に与える影響を模型実験により検討した。ここでは、前節で接合部の剥離による破壊パターンを示した(e)合掌貼り付け型のトラス模型を用い、接着剤としてはセメダインC(セメダイン(株))、木工用速乾ボンド(コニシ(株))、木工用アロンアルファ(コニシ(株))の3種類を使用した。その結果、セメダインに対しボンドとアロンアルファは約1.4倍の最大耐荷重量を示した。一方、アロンアルファは乾燥が速いため仮留め後の部材位置変更の微調整が行えず、セメダインは粘性が高く糸を引くため、作業性の面に関してはボンドの方が扱いやすい。また、販売価格に関してもボンドが最も手頃と言える。以上より、木材を用いたブリッジコンテストに適した接着剤は木工用速乾ボンドと考えられる。

5. コンテストの評価方法に関する検討

(1) CP値 橋模型の材料として利用されているバルサ材の初期重量、すなわち密度が強度試験に与える影響を明らかにするため本校の2001年度のコンテストの結果を用いて検討した。班ごとのコンテストであるため班内でのばらつきはできるだけ少なくなるよう努力したが、学生に配布したバルサ材の初期重量は最小15gf、最大34gf、平均で26gfと非常にばらついていた。図-2は学生に配布したバルサ材の初期重量と完成した橋の自重、また強度試験における最大耐荷重量とCP値の関係を示したものである。同図より、完成した橋の自重は初期重量に依存しており、また、軽い橋では大きな耐荷重量は望めないことが分かる。しかし、CP値で評価することにより、軽い橋でも大きなCP値を得ることができ、より経済的で強度の強い橋を作することを要求するコンテストの評価式としては適当と考えられる。

一方、他校におけるCP値の評価式では橋の自重を1.5乗や2乗しているものがあるが、前述のように完成した橋の自重は材料の初期重量に依存するため、初期重量が均一でない木材を用いる場合には、その重みを大きくすることは極端に軽いまたは重い橋の場合に、その強度を過大または過小評価することとなり、コンテストの公平

性が失われる恐れがある。本校の2001年度のコンテストの結果を用いて、この評価式の影響を調べた結果、41名の参加者の中で最も順位が変動したのは、1.5乗の時10番上昇と6番下降、2乗の場合には同様に18番上昇と7番下降であり、この重みに関しては利用する材料の特性に応じた決定する必要があると思われる。

(2) 結果の予想 本校では強度試験の前に参加者自身が全ての橋の経済性と強度の予想を行っており、それをコンテストの結果と比較検討した。図-3にその結果を示す。班ごとの評価であるため全体としてのばらつきは大きい。橋の経済性すなわち軽さに関しては比較的予想されていることが分かる。一方、強度に関する予想は橋工学の授業を受けていない低学年の学生ということもあり、大変困難であることが見て取れる。経済性に関しては材料の量は見た目で判断しやすいが、強度に関しては、構造、接合部、材料密度など、様々な因子を見目で判断することが困難であるためと考えられる。コンテストの評価方法に強度の予想結果を取り入れた学校もあるが、そのためには橋の強度に関する高い知識が必要と思われる。なお、同図には外観の得票数と強度の関係も示しているが、これより外観が悪くて強い橋はないということが読みとれ、雑な作りで見目の悪い橋では高い強度は望めないということが分かった。

6. おわりに

以上、アンケート調査、模型実験、および本校のコンテストの結果を用いて、ブリッジコンテストの実施方法と評価方法に関する検討を行った。今後は様々な教育目標に応じたコンテスト実施要領を提案し、最終的には北米で実施されているような全国規模のブリッジコンテストが日本で開催できるよう努力していきたい。最後に、本研究のきっかけを与えて頂いた長岡工業高等専門学校の塩野計司教授と日本航空専門学校の谷村康行先生、本校のコンテストに関して貴重な意見を頂いた熊本大学工学部の崎元達郎教授に厚く御礼申し上げます。また、本研究は文部科学省高等専門学校教育改善充実費の補助を受けており、記して謝意を表する。なお、本校のコンテストの詳細については次のウェブサイトを参照願いたい。

<http://toshichan.be.fukui-nct.ac.jp/~yoshida/bridge/>