

高専土木系学科におけるブリッジコンテストの実態調査

福井工業高等専門学校 ○高橋佳代
福井工業高等専門学校 正会員 吉田雅穂

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るようになっており、その一手法としてコンテスト形式の物づくり教育が近年盛んに行われている。その中でも土木系の学校では、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、その強度を競い合うブリッジコンテストが行われている。これは、土木系の実験実習カリキュラムの中では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、学生が楽しみながら能動的に取り組める要素があることから、実践的教育方法として高く評価されている。国外では北米で古くから行われ国際大会も開催されており、国内においても熊本大学において平成4年度より学生実験に取り入れられているのを一例に、中等・高等教育機関における理工系の授業や実験実習などで実施されている。しかしながら、コンテストの実施方法は各校独自のルールで行われており、それらの方法にどのような教育効果があるのか、またどのような利点、欠点が存在するのかについては不明の点が多い。

そこで本研究では、国内の教育機関に対してブリッジコンテストに関する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、計44件の回答を得て回収率は62%であった。このうち高専の土木系学科に着目し、本校を含む回答のあった21校のうちコンテストを実施していた10校のコンテストの概要をまとめたものが表1である。本研究は、この調査結果に加えて、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を利用した評価方法の分析結果¹⁾を基に、各校のコンテストの実施方法と結果の評価方法について検討を行った。

2. 実施方法

(1) 材料 材料としては紙、木材、発砲スチロールの3種類に分類できる。対象者を小中学生とした公開講座では作業性の良い紙や発砲スチロールが用いられており、授業形式で実施している学校では紙と木材が用いられている。木材は重さや硬さのばらつきが非常に大きく、それが材料強度のばらつきとコンテストの公平性に影響を与えるという問題があるのに対し、紙にはそれらの影響が少なく、安価で加工しやすいことから多くの学校で利用されているものと思われる。しかし、木材の方が実構造に近い模型を作製することが可能であり、材料強度や外観を考慮したコンテストに適した材料と言える。また、橋長や支間長は200mmから600mmの所が多いが、この長さは作製時間や使用材料に応じて決定すべきものと考えられる。

(2) 接着剤 部材を接合する接着剤としては木工用ボンドが圧倒的に多かった。そこで、コンテストにおける最適な接着剤を明らかにするため木工用速乾ボンド、セメダインC、木工用アロンアルファの3種類について、トラス模型を用いた接着強度試験を実施した。その結果、セメダインCに対しボンドとアロンアルファは約1.4倍の強度を示した。また、作業性については、アロンアルファでは速乾性が高く部材を仮留めした後の位置変更の微調整が行えず、セメダインでは粘性が高く糸を引くという問題点が見受けられた。さらに、販売価格についてはボンドが最も低価格であり作業性の問題も特になことから、コンテストに適した接着剤は木工用速乾ボンドであることが明らかとなった。

(3) 強度試験 強度試験では支間中央部の1点に載荷する方法が最も多く、橋の上面にジャッキで載荷する方法とおもりをぶら下げる方法の2つに分類できる。ジャッキで機械的に載荷するよりも、おもりを参加者自ら加える方が橋に作用する力を実感することができるため、教育的見地から言えば後者の方がより良いと思われる。しかし、前者の方法を採用している長岡高専によると、100kgfを超える荷重に耐える橋が増加し、おもりを加える作業が重労働であり、安全面にも問題が生じたことなどから後者から前者の方法に変更したそうである。したがって、この載荷方法は橋の強度に応じて決定すべき事項であると考えられる。

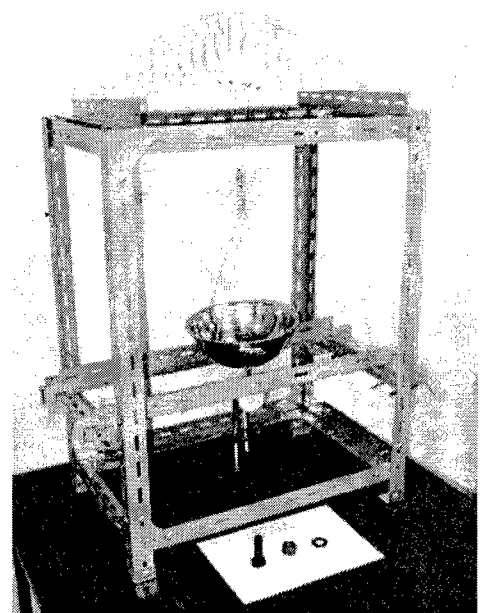


写真1 強度試験の様子

表1 各高専のコンテストの実施状況

	苫小牧高専	群馬高専	長岡高専	松江高専	大分高専
形式	授業	授業	授業	授業	授業／公開講座
開始年度	平成13年	平成13年	平成8年	平成12年	平成8年
目的	環境都市工学応用実験	設計製図	環境都市工学実験	設計(橋梁工学)の授業課題	実験実習／アイデアと軽くて強い橋
対象	高専4年生	高専4年生	高専4年生	高専4年生	高専5年生～1年生／小中学生
材料	バルサ材…3×3mm, 3×15mm ベニヤ板…2×50×560mm, 1枚 木工用ボンド, 釘	ケント紙…260g/㎡, B3, 5枚以内	段ボール…50×100mm, 1枚	ケント紙…A3	バルサ材…5×5×900mm, 約8本
作製条件	支間長…500mm 幅員…50mm	木工用ボンド 橋長…350mm以上 幅員…30～90mm 高さ…無制限	木工用ボンド 支間長…500mm 高さ…支点の上下150mm以内	木工用ボンド 橋長…200mm	木工用ボンド 橋長…600mm 支間長…500mm 高さ…100mm以内 幅員…800mm以内
強度試験	支間中央に載荷	支間中央に載荷	支間中央の橋の上面にジャッキで載荷	支間中央に載荷	支間中央にジャッキで1点または2点載荷
評価方法	①破壊荷重÷模型重量 ②(破壊予備値-破壊荷重)÷破壊荷重 ③構造的美観	①最大荷重 ②最大荷重÷自重	①最大荷重	①強度	①耐荷力÷(橋の重量) ¹⁾ ②外観

	福井高専	岐阜高専	高知高専	大阪府立高専	徳山高専
形式	授業／公開講座	公開講座	公開講座	公開講座	土木の日の行事
開始年度	平成12年	平成13年	平成12年	平成11年	平成13年
目的	都市工学実験実習／橋をつくってみよう	橋の種類と強さを体感させる	ちからとたち	橋の強さの仕組みを調べる	レッサーバンダが遊ぶ橋をつくる
対象	高専3年生／中学生	中学生	小中学生	中学1年生	一般市民
材料	バルサ材…4×4×600mm, 20本	厚めの紙…A3, 1枚	発泡スチロール…100×80×1000mm 発泡スチロール…200×20×1000mm	ケント紙…A2, 1枚	間伐材…φ60×600mm, 50本
設計条件	セメダイン 橋長…600mm 支間長…500mm 幅員…50mm 橋軸方向に20×50×600mmの空間	セロテープ 支間長…100mmと200mm 幅員…10mmと20mm 単純桁とアーチ	橋長…1000mm 支間長…800mm T形はり	木工用ボンド, リップのり, ホッチキス 支間長…500mm	接合方法自由 橋長…1500mm 幅員…600mm
強度試験	支間中央におもりで載荷	支間中央に鉄球(1g)で載荷	200mm間隔の2点におもり(2kg2個)で載荷	支間中央におもり(200g)で載荷	
評価方法	①最大耐荷重量÷橋重量 ②外観	①重りの量	①重りの量	①耐荷重	

本校では後者の方法で実施しており、ダイヤルゲージ式変位計を用いておもりを加えた際の変位も計測し、コンテスト終了後には荷重変位の関係を図化する作業も行っている。変位計測は他校では実施されていないようであるが、力学教育に活用するためには重要なことと考えられる。また、本校では参加者が三種類の重さのおもりの中から自由に選択する方法を採用しているが、軽いおもりを少しずつ加える場合と重いおもりを一気に加える場合とでは耐荷重量に少なからず影響を与えていると思われる。したがって、橋の強度を競うという目的を考慮すると、参加者が公平な条件で荷重を加えられるように、載荷するおもりの量やおもりに耐える時間を事前に設定しておくことが望ましいと考えられる。

3. 評価方法

(1) 強度 本校のコンテストでは、最大耐荷重量を橋の自重で割った値を CP 値(コストパフォーマンス値)と定義し、その順位の評価点と参加者全員の投票により決定する外観順位の評価点とを合算した点数により総合評価を行っている。本校のコンテストから得られたデータを分析したところ、橋の最大耐荷重量は橋の自重に依存しており、軽い橋では大きな耐荷重量は望めないことが明らかとなった。このことは、参加者に配布する木材(バルサ)の初期重量が不均一なため公平ではないと思われたが、単位橋重量当たりの最大耐荷重量を示す CP 値で評価することにより正当な評価を行うことが可能となり、より経済的で強度の高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適当であることが示された。また、他校では自重に 1.5 乗や 2 乗など重みをつける評価式が用いられているが、初期材料の重さにばらつきのある木材を使用する場合には、分母にある自重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になり、コンテストの公平性が失われる恐れがある。しかし、初期重量が均一な材料を用いる場合には、このような重みを用いることにより、より経済性を重視したコンテストを実施することが可能であると思われる。したがって、この重みについては利用する材料特性に応じて決定すべきものと思われる。

(2) 外観 外観を評価している学校は本校も含め 3 校あり、その材料はいずれも木材であった。これは前述べたように、紙よりも木材の方がより実構造に近い模型が作製できるため、外観への配慮が十分行えるためと考えられる。

4. おわりに

以上、アンケート調査により高専の土木系学科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を行った。今後は様々な教育目標に応じたコンテストの方法を提案し、将来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を開催できるよう関係機関に働きかけていきたいと考えている。最後に、アンケート調査にご協力頂いた各学校に記して謝意を表する。

参考文献

1) 吉田雅穂, 高橋佳代: 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研究, 高専教育, Vol.26, 掲載確定, 2002.