

第4回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト 地域賞受賞

バンブーレスキュー ～竹を用いた水道管の簡易復旧～

石川工業高等専門学校 環境都市工学科 教授 津田 誠 つだ まこと

1. 能登半島地震による石川高専の被災

石川工業高等専門学校（以下、「本校」という）は、令和6（2024）年1月1日に石川県能登半島を震源とする能登半島地震にて被災した。本校は石川県河北郡津幡町にあり、震源地から直線距離で約100 km 離れていながら、キャンパスは写真-1～3のとおり、土構造物を中心に損傷し、主に盛土のり面に大きな被害が生じた。

また、構造物は二つある体育館および武道館が液状化の影響を受け、使用できない状態になった。一方で、教室などの校舎については、ほぼ被害は見られなかった。本校は山間地に位置しており、敷地の大部分は切土および盛土により造成されている。



写真-1 武道館の被災状況

約60年前の地形と現在の学校施設との位置関係を当時の航空写真と地形図から調査した結果、谷地形の箇所を盛土により造成した箇所に被害が集中していることが判明した。被害は、液状化や盛土のすべり破壊および舗装の陥没などであった。



写真-2 のり面のすべり破壊



写真-3 のり面のすべり破壊によるテニスコートの崩落

被害が見られなかった校舎については、全て切土による地盤上に建設されていた。

ライフラインは、水道については校内の給水管の損傷は見られなかったが、県の供給側の被災損傷に伴い、約1日断水した。また、電気、ガスについては停止しなかった。しかし、下水については道路の陥没に伴い破断している箇所があり、地下埋設管類の耐震化と適切な埋め戻し材の選定や施工の重要性を感じた。

学校再開に向けて、緊急の災害対策会議が1月2日から複数回開かれた。その中で学生および教職員の安全を確保しながら、学校の再開や入学試験の実施方法について検討を重ねた。有資格者が被災地に集中して不足する中、本校卒業生の協力により、建物や地盤の応急危険度判定を目的とした調査、診断を行うことができた。

本校に環境都市工学科（土木工学科）、建築学科があったことが功を奏し、改めて卒業生の母校愛を感じた。本校内外の関係者の協力により、早期に対面での授業を再開、また入学試験についても無事実施することができた。

2. 地震後の交流会への参加について

地震後、インフラマネジメントテクノロジーコンテスト（以下、「インフラテクコン」という）2023への参加メンバーも含め、本校学生全員の無事が確認された。インフラテクコン参加者の全員が筆者研究室のメンバーであり、地震後初めてのゼミでは、ありがたいことに全員心身ともに元気であった。

このため、2024年3月8日の交流会への参加を決定し、当日の発表資料の作成に取り掛かった。5年生は2月初旬の学年末試験、2月中旬の卒業研究発表会および卒業論文の作成など卒業に向けての仕上げがある中で、段取りよく実施すべきタスクをこなしており、学生の成長が感じ取れた。

3. インフラテクコン参加に向けての動機付けについて

本校環境都市工学科では複数回にわたり卒業研究の中間発表会があり、研究室を選定する参考にしてもらうことを目的として、4年生がそれに参加し、筆者研究室では研究発表に追加し、インフラテクコンについて説明を行っている。

このため、筆者研究室を希望する学生はインフラテクコンについて興味がある者が多くなっている。また、橋梁が主の研究室において、インフラテクコンに参加するにあたっては橋梁に限らず、あらゆるインフラを対象とすることとしている。初めに、過去のインフラテクコン参加時の動画を視聴、コンテストの趣旨やエントリーに必要な事項について説明を行った。

インフラテクコンへの参加については、卒業研究とは別であることから任意としているが、初参加以来全ての代で学生の参加意志があった。早い段階から説明を行い、またコンテストの趣旨や意義および製作する内容について理解を深めることにより、学生が参加しやすいのではと考えている。

4. インフラテクコンに向けてのアイデアの抽出について

インフラテクコンに向けて参加意欲はあるが、学生には学校で学ぶ専門知識はあるものの、我が国が置かれている社会資本の現状についての知識は十分ではないと思われた。一方で、アイデアについてはほとんど指導せず、学生に任せることとし、自らアイデアを生み出すことに主眼を置いた。

しかし、活動当初はアイデアそのものを無理やり捻出しようとしており、あまり進展は見られなかった。このため、地元石川県のインフラの特徴や課題を抽出することに立ち返り検討を行った。

それより前になるが、2021年ごろから能登半島の先端に位置する珠洲市で群発地震が発生していた。そして、アイデアの検討を進めていた2023年の5月5日に石川県能登半島沖を震源とする地震が起き、珠洲市で震度6強を観測した。

この地震をきっかけに、学生は日常生活に直結しているインフラについて注目し始め、調査の結果、阪神・淡路大震災、東日本大震災などの過去の地震に関連する災害において、水道施設の復旧が電気、ガスなどのインフラ施設より遅く、代替手段が少ないことが判明した。これらの調査結果より、水道施設に関する内容に絞り、現状や課題および問題点をさらに掘り下げて調べることにした。

5. アイデアの具体化への流れについて

インフラテクコンに応募する際に、本研究室では単にプレゼンテーションだけではなく、提案するアイデアをできるだけ学生自ら実践し確かめることを必須条件としている。また、実践したアイデアについて、これまでに学んだ知識を用いて性能や安全性を証明することとしている。これらには、インフラテクコンに応募するだけではなく、コンテストをとおして実践的な学びにつなげてほしいという目的がある。

また、環境問題についても、今回は写真-4のとおり、本校周辺にも存在している放置竹林を利用することにより、竹の力学的特性や加工方法について調査、検討するだけではなく、竹の繁殖状況や地形などについて合わせて学ぶことができたと考えられた。

今回のアイデアの軸を、「竹材料を利用した震災等で損傷した水道管の簡易復旧」とし、検討を



写真-4 本校周辺の放置竹林の状況

行った。当初、竹を縦に半割にして、損傷した圧力管でもある水道管を模した塩化ビニル管を両側から挟み込み補強を行う構造としていた。しかし、竹の剛性が大きく、さらに節の影響で塩化ビニル管と竹との間に隙間が生じ、それを埋めるために大きなエネルギーが必要であることが判明した。

このため、竹をそのまま使用することは不可能と考え、竹を加工して、製品としている事例を調査した。その結果、日本の伝統工芸である竹細工からヒントを得て、写真-5のとおり、竹を編んでシートを製作して、損傷した部分に貼り付ける案を考えた。

この案では、写真-6のようにシートに柔軟性があるため、補強対象の管とシートを少ない隙間で貼り付けることが可能となった。また、竹シートを特殊な技術が不要でかつ短時間で製作できる方法について、試作品を多く作ることにより考え、提案した。その結果、竹を編みこむのに適した削ぐ厚さや幅を導き出した。

また、学内の実験装置を利用して、竹素材の力学的特性について調査した。本校の授業のカリキュラムやJISで定められている実験方法ではな

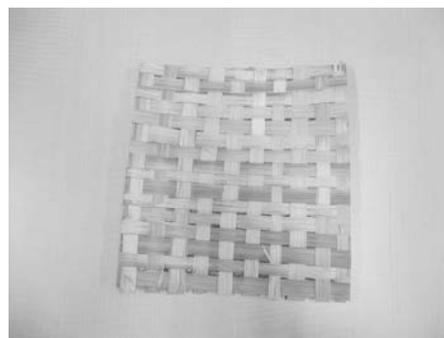


写真-5 製作後の竹シート



写真-6 竹シートの変形状況

く、学生自ら実験の手法や評価方法を考えて実施していた。実験結果を基に、竹素材および竹シートの力学的特性をこれまでの知識を利用して計算し、評価を実施した。

6. アイデアをプレゼンテーションする工夫について

インフラテクコンでは、自らのアイデアをより分かりやすくプレゼンテーションを行うことが重要であると考え、今回はアイデアそのものだけでなく、そこに至る問題点や課題を再現することから実施した。

常時圧力が作用している損傷した水道管の再現として、実際の水道管に作用している水圧を学生自ら調査し、学内の施設を利用して実際に作り出すこととした。ホームセンターに行き、水道管を模した塩化ビニル管に加えて、水圧を作用させるためのホースや空気抜き用のバルブなどを購入し、製作した。

ポンプを使用せずに水圧を発生させるアイデアとして位置エネルギーを利用することとした。写真-7に示す学内の4階のフロアから水を流下、圧力を発生させるため管内の水の通し方や空気の抜き方を工夫し、複数のバケツでサイフォンの原理を利用して、安定的な圧力を負荷させる手法を考え出した。試行錯誤の結果、水道管の損傷により発生する約3mの噴水を再現することができた。

これらの再現を行う時に実験装置の蓋が外れ学生が直接手で押さえるなど、水圧について計算上



写真-7 水圧の発生実験の状況

の数字だけではなく、圧力の大きさを体感できたものと思われた。

今回提案したアイデアのメインである竹シートを、水圧が作用する損傷した管に貼り付け、その性能を実験したところ、計算上では水圧に耐えることができるが、竹シートの隙間からの漏水が多いことが判明した。

このため、漏水を防ぐ工法について一般の家庭に常備されている素材を中心に検討し、写真-8のようにラップフィルムを管に貼り付け、その後に竹シートを巻きたてる手法を考え、実施した。その結果、損傷を補修した箇所からの漏水の減少が見られた。自ら創意工夫してその結果が表れることについて、各学生が実感できたものと思われた。



写真-8 竹シートおよびラップフィルムによる損傷箇所の補修状況

7. エントリー用の動画の作成

エントリー用の資料作成において、学生からパワーポイントを使用しない方法を提案された。私自身は当初動画が作成できるとは想像もできなかったが、学生はアプリを使用してエントリー用の動画の作成を行っていた。デジタルネイティブである世代を目の当たりにした瞬間だった。

動画の作成は思っていたよりスピーディーに行われていた。当初は10分という時間を埋める感じで作成をスタートさせていたが、検討を始めると盛り込みたい内容が多く、最終的には時間の都合でやむなくカットする場面が出てくるなど、当

初作成した動画とは見違えるくらい内容の濃い作品になったものと思われた。

8. 参加学生の感想

責任者として、インフラテクコンに参加した学生の感想を次に示す。

「私はインフラテクコンに参加することで、普段の学校生活ではできない貴重な体験ができたと思います。インフラの問題について調べ、実際にホームセンターへ買い出しに行き、竹を自分たちで加工し、その動画を編集する。

この活動をとおして、さまざまな知識や物事を最後までやり遂げる大変さを学ぶことができました。また、現場見学、他高専との交流でも良い刺激がもらえて楽しかったです。ここで得た経験を技術者として将来に生かしていきたいです」。

9. おわりに

インフラテクコンへの参加を通じて、学生が自ら企画および立案して、その案に対するプロトタイプモデルの製作およびプレゼンテーション資料の作成など、今回学生の自主性が大変向上したと感じられた。また、水道施設の重要性が改めて認識され、学ぶことができたと思われた。

動画応募後の卒業研究のまとめについて、学生

が自ら改善点を指摘し、仕上げを行っていた。これらについては、インフラテクコンに参加した成果と考えられた。

交流会に学生と参加させていただき（写真－9）、その前日に東京の街づくりを見学し、さらに上野動物園にも行くことができた。また、交流会に参加する途中にレインボブリッジを渡り、満員電車の車内にいながら学生が興味深く橋梁を見ていた。橋梁を専門とする教員として、なんともいえない情景であった。

交流会会場で1人以上の他高専の学生とLINE等を交換して交流を図ることを、学生に対しての必須の課題としていたところ、全員が難なくそれをクリアしていた。これも、朝到着して感じた、会場全体の温かみやスタッフの方のご配慮や工夫が理由の一つではと感じられた。

2020年の第1回からインフラテクコンに参加させてもらっている。回を重ねるごとにコンテストを有意義なものにするための配慮が随所に多方面にされており、スタッフの皆さまの熱意や努力を感じ、参加させていただくことについて、多くの喜びを覚えた。

インフラテクコンをとおして、学生だけではなく教員である私自身も学ぶべきことや貴重な経験を多く得ることができた。このコンテストがこれからも継続し、合わせて全国の高専で学んでいる学生の発展につながることを切に願う。



写真－9 交流会への参加