第５回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト 準グランプリ受賞

Stop GANKO Step
～廃材資源を有効活用，災害に強い街を創造～

石川工業高等専門学校 環境都市工学科　教授　津田（つだ）　誠（まこと）

1.　令和６年能登半島地震により被災した石川高専の現状

石川工業高等専門学校（以下，「石川高専」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。石川高専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 離れていたものの，最寄りの観測地点にて震度５弱が観測された。

キャンパスは写真－１～３のとおり，盛土面上に構築されている２棟の体育館，武道館，部室棟および車庫など，構造物の多くに被害が生じた。一方で，切土面に位置する一般棟や専門棟などの校舎は一部で軽微な被害が見られるものの，大規模な補修・補強を実施せずに使用できている。校舎のほとんどが 50 年以上前に建設されていたが，耐震補強がされており，今回は効果的に作用したものと考えられた。

令和７年５月現在，写真－４～６のとおり，テニスコート側ののり面は災害時からそのままになっており，被災の程度が最も深刻であった武道館は取り壊された。２棟ある体育館のうち，第二体

写真－１　のり面階段部のすべり破壊

写真－２　体育館の被災状況

写真－３　武道館の被災状況

写真－4　テニスコート造成部分 のり面の状況

写真－5　体育館の解体状況

写真－6　部室棟，車庫の状況

育館について取り壊しが始まり，令和7年中に2棟とも取り壊される予定となっている。また，部室棟や車庫については，依然として被災時から一切変化がない状況である。体育館および武道場を合わせた総合体育館を建設する予定となっており，現在調査が終了し，上屋部分の設計を進めている。

体育館が使用できないため，体育の授業や部活動については近隣の公営の体育館にバスで学生を送り迎えする状態が1年以上継続しており，残念ながら先の見通しが立っていない状況である。個人的にではあるが，自身もハンドボールの試合をした体育館が取り壊される状況を目の当たりにして，複雑な思いが巡っていることから，学生に対する影響も少なからずあるのではと心配するところである。

2.　我が津田研究室について

私の担当している授業は，構造力学，コンクリート構造学および維持管理工学など橋梁に関するものが多く，授業中においても国内外問わず，自身が撮影した橋梁の動画を紹介している。このため，学生の中では「橋梁のことが好きな教員」というくくりになっているものと思われる。また，石川高専環境都市工学科で4年生の参考として，各研究室が卒業研究の中間発表を行っている。

これにより，従来，我が津田研究室を希望するのは橋梁やコンクリートに興味のある学生が多い状況であった。しかし，ここ数年，従来どおりの理由の学生に加えて，「インフラマネジメントテクノロジーコンテント」（以下，「インフラテクコン」という）に参加したいということから希望する学生が見られるようになってきた。

津田研究室ではまず，前年度の研究生の論文といった研究成果を説明するのと同時に，インフラテクコンの概要の説明やこれまでの作品について，見るだけではなく，ディスカッションすることにしている。津田研究室を希望して入ってきている学生は，橋梁についての興味や知識を多く備えていることから，理解が早くさまざまなアイデアが提案される流れになっている。

3.　インフラテクコンエントリーまでの流れ

津田研究室では橋梁の長寿命化に関する研究が主であることから，毎年4月に近隣の橋梁調査を実施している。令和6年度は**写真－7～9**に示したように，前年度の地震にて被災した橋梁を中心

写真－7　橋脚背面部の沈下

写真－8　桁の水平方向の変位状況

写真－9　伸縮装置部の開き

に調査を行った。その時，震源から遠く離れているにもかかわらず，津幡町や金沢市に位置する橋梁が被害を受けていることを目の当たりにした学生は，個人差があるものの一様に衝撃を受けたものと思われた。

しかし，これまで数学をはじめとして，構造力学やコンクリート構造学などの専門的な知識を学んできているため，学生自ら被災した原因や問題点および今後の対応策にまで考えを巡らせていた。

津田研究室に所属しているということで，インフラテクコンに参加することは全員の希望であり，エントリーについては何の支障もなく，全員一致で進んでいった。近年，高専においても特に民間企業への就職活動の時期が早まり，エントリーの時期は通常の授業や研究に加えて，就職活動も平行しており，その中にありながら各自が協力して進めていた。

4.　インフラテクコンに向けたアイデアの方向性の決定について

前回と同様ではあるが，地震で被災している状況は多少なりとも理解しているものの，我が国が置かれている社会資本の現状や地方自治体における橋梁の維持管理の実態に関する知識は十分なものではないと思われた。一方で，例年同様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。

今回は，令和６年能登半島地震に関連したアイデアとする方向性については，学生全員が同じ思いであったものと推察された。このため，この災害についての被災状況や被災した原因，規模などについて各自で調査し，また，阪神・淡路大震災や東日本大震災と比較し，課題の抽出を行った。

調査の結果，地震発生直後，緊急対応期の活動範囲や規模が，能登半島地震では他の二つの地震発生後と比較し，現地到着に時間を要し，限定的であったことが，携帯電話の GPS ログデータや報道，現地のヒアリングなどから全てではないものの分かってきた。また，一部を除き橋梁本体構造には大きな被害がないことが明らかとなってきた。

しかし，橋梁に関しての被災状況をさらに詳細に調査すると，橋梁本体構造には損傷が少ないが，盛土部の損傷や橋台背面部の段差など，取り付け部に損傷が生じた橋梁が多く存在することが分かり，これらの原因により緊急車両の到着が遅れ，地震発生後の初期対応が限定的になったものと思われた。

これらの調査結果より，橋梁前後の段差に関する内容に焦点を当てて，現状や課題および問題点

について調べ，解決策に向けてのアイデアの抽出を行うことにした。

5.　具体的なアイデアの抽出への流れ

インフラテクコンに応募する際に，津田研究室では例年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製作することにより，具体的に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，これまで学んだ知識を用いて性能や安全性を検証することとしている。これらについては，応募するだけではなく，インフラテクコンを通してより実践的な学びにつなげてほしいという目的がある。

環境問題についても，今回は**写真－10**のとおり，石川高専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。

写真－10　放置竹林の状況

今回のアイデアの軸として，震災で発生した災害廃棄物や地元の産業廃棄物の再利用と災害時における課題解決とを両立することとし，検討を行った。前述のとおり橋梁前後の段差について着目し，踏掛版の有無が影響していることが判明し，また，地方の橋梁には設置されていないケースが多いことが明らかになった。

この背景には，踏掛版の問題点として，供用後の設置は長時間の交通規制が発生し容易ではないことや，橋台背面部は大型機械での施工が困難であり，締固めが不足していることが潜在的にあると思われた。

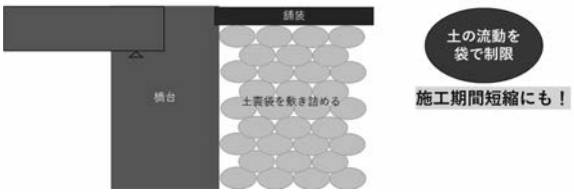
これらの問題点を解決する施策として，施工が容易でかつ廃棄物を利用して段差防止のための製品等を作り上げることを目標とした。地震時に橋台背面の締固め不足などが原因で地盤が脆弱化し，その結果，地盤の側方流動や沈下などが生じると考えられた。地震時に耐力が低下しないことは大切であるが，さらに，地盤の動きを拘束することが重要であると考えられた。

このため，河川で使用する「じゃかご」や地滑り対策でも用いられる「ふとんかご」と呼ばれる，格子や袋状の金属製拘束用部材と，その中に砕石などを詰めるといった複合的な資材を参考にするアイデアが浮上した。基本的なアイデアが決定すると，そこからは学生は早く，柔軟な考えで従来の金属製拘束用部材の代替として竹を基本とし，中に詰めるものとして，災害で発生する資材の一つである瓦が候補に挙がった。

6.　アイデアの実現に向けての検証

橋台背面の段差防止案として，**図－1**に示すとおり土のう袋を敷き詰める構造とし，この土のう袋の代わりに竹で編んだ竹籠を，中に詰める材料として**写真－11**に示す瓦を砕いた瓦チップを用いることとした。竹と瓦で製作した竹籠土のうには，直接輪荷重は作用しないものの，それに近い荷重が作用すると考えられた。

このため，まずは竹そのものの性能を検証することとし，**写真－12**に示す試験体を学生自ら工夫して作成した。当初は竹の引張強さも不明で，

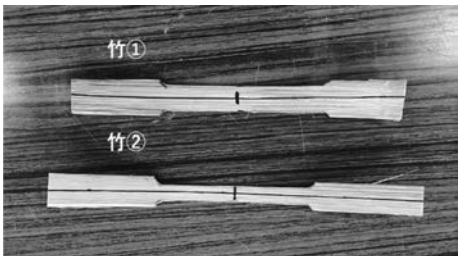


図－1　橋台背面部の沈下防止案

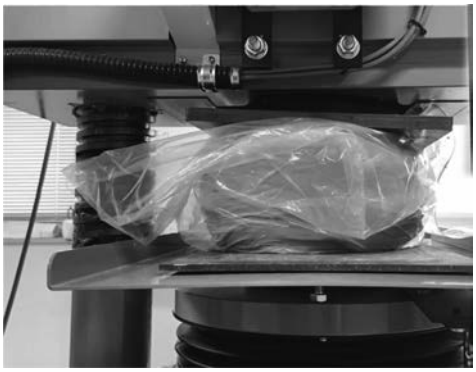
写真－11　瓦のふるい分けの状況

学校にある重りでは破断せずに，正確な値を調べられなかったことから，竹を薄くするだけではなく，固定している場所の影響をなくすため，試験体を曲線で加工するなどの改良を行い，竹の性能確認に向けて試験を実施していた。

次に竹籠土のう自体の性能を調査するため，学内にある万能試験機を使用し，圧縮強度試験を行った。想定される力は，トラック２台分の後輪荷重とし，道路橋示方書を参考に 200 kN とした。試験の結果，**写真－13** より，若干変形が生じるものの，竹籠が破断することもなく，荷重を支えられることが確認された。また，オプションとして考えていた奥能登地方で多く産出される珪藻土と瓦を混合させて中詰め材に用いたケースも，一般的な土のう袋を用いて載荷実験を実施した結果，袋が破損することもなく，良好な結果を得ることができた。実験や実習の授業で得た知識を生かし，JIS にて決められている実験方法ではな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。



写真－12　竹材の力学特性試験用供試体



写真－13　竹籠土のう圧縮強度試験状況

7.　アイデアをプレゼンテーションする工夫について

コンテストであることから，自らのアイデアを分かりやすくプレゼンテーションすることが重要であると考え，より現実に近づけた状態の再現から実施することにした。

このため，実際に作成した竹籠の大きさは既設の土のう袋の大きさを参考にし，作成手順なども動画に盛り込むことに決めた。さらに，**写真－14** のとおり，竹籠土のうの載荷実験中も動画を撮影し，実際の変形の状況に加えて，荷重変形曲線を追加し分かりやすく対比できるように工夫した。

このように通常のコンクリート構造体の試験手法を応用して，各学生が分かりやすく伝えるための工夫を継続的に実施していた。

エントリー用の動画について，学生からパワーポイントと直接動画として取り込む手法とを併用して作成する方法を提案された。私自身，前回同様当初は動画が作成できるとは想像できないでいたが，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。動画の作成は思っていたよりスピーディーに実施されており，個別で検討した事項について動画にしたいと感じる内容が多く，最終的には時間の都合でやむなくカットする

写真－14　プレゼンテーション用動画
（圧縮強度試験時の結果の対比）

場面が出てくるなど，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。

「私たち『まこ Lab』がインフラテクコンに参加したきっかけは，令和６年能登半島地震です。報道を通じて，ビルの倒壊や道路の陥没といった大きな被害が全国に伝えられたと思います。しかし，私たちは報道されにくい被害に目を向け，災害復興に役立つ対策を考えたいという思いからインフラテクコンに参加しました。

私たちは竹を使った土のう袋の製作に挑戦し，実験と計算を重ねて実用化を目指しました。特に竹ひごで袋を作る工程が難しく，何度も失敗を繰り返しましたが，チームで協力して完成させることができました。この経験から，試行錯誤の大切さと仲間との協力の重要性を学びました。『まこ Lab』のメンバーはそれぞれ別の進路となりましたが，それぞれの場所でインフラテクコンで学んだことを生かし，人々の生活を豊かにできるよう努力を続けます」。

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，その案の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ものと感じられた。また，橋梁本体だけではなく，その前後の取り付け部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では，学生自身が自ら改善点を指摘し，仕上げを行っていた。これらはインフラテクコンに参加した成果と考えられた。

写真－15　交流会での表彰式

交流会に学生と参加させていただき（写真－15），その前日に首都高速道路や日本橋付近の再開発の状況を見学することができた。また，交流会に参加する途中にレインボーブリッジを渡り，満員電車の車内にあり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は，今回は２回目であるが前回と同様なんともいえない情景であった。

また，交流会会場にて１人以上の他高専の学生と LINE 等を交換して交流することを，学生に対しての必須の課題としていたところ，全員が難なくこの課題をクリアしていた。これも毎回思うことではあるが，朝到着して感じた，会場全体の温かみやスタッフの方の配慮や工夫が理由の一つではと感じられた。

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が，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工夫や配慮が随所になされており，スタッフの皆さまの熱意や心配りを感じ，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通して，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，参加する高専が増加し，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。