留　学　の　記　録　　From 2018/3/5 to 2018/5/20

Report of a short-term study

in University of Leeds, United Kingdom

文責　　宮﨑 祐輔
MIYAZAKI Yusuke
博士課程３年

2018 年 3 月 5 日から 5 月 20 日にかけて，英国，リーズ大学において，Raul Fuentes 先生と Nikolaos Nikitas 先生の指導の下，訪問研究員として留学した．今回の留学は，京都大学大学院工学研究科馬詰研究奨励賞の支援を受けた．以下に，その詳細を報告する．

1.　留学の背景と目的

留学先を検討する際に重視した条件は，自分の研究の枠を拡げることであった．現在，組み立て式のカルバート構造物であるプレキャストアーチカルバートを対象に，土と構造物の動的相互作用を研究している．本研究の先には，既設構造物への研究成果のフィードバック，すなわち耐震補強対策を含めたメンテナンス手法の確立という，次の課題がある．

それでは，既に建設されたカルバート構造物をどのようにメンテナンスするのが良いか．その一つの方法として，土木工学と最先端の計測装置，ロボティクス，AI を融合した，効率的な構造物ヘルスモニタリング手法の提案が考えられる．現在，日本だけでなく世界中でこの分野横断研究が盛んに展開されている．特に，イギリスは主要な政策の一つとして BIM (Building Information Modeling)，CIM (Construction Information Modeling) を掲げている [1), 2)].

このような状況を考えると，最先端の計測技術，情報処理技術の観点から，現場計測・模型実験・数値解析・基礎理論の四つを組み合わせて，土木構造物の健全度を評価する研究手法を確立することで，高効率・高精度で安全な土木工事が実現できると考えられる．このような研究手法をトンネル構造物に適用しようとトライしていた大学の一つが，今回お世話になったリーズ大学であった．

写真１　リーズ大学のシンボル　時計塔

図１　滞在中に訪れた地域（下線部分）

当初，京都大学と同様に，遠心模型実験が盛んな UC Davis における留学を検討していた．しかし，リーズ大学を選んだのは，偶然この研究分野に取り組んでいた Raul Fuentes 先生に日本でお会いできたこと，それによって距離感が近づいたので，二か月という短い期間の間で色々と要望を聞いて頂けると考えたことが主な理由であった．実際，現在の研究基盤を構築している背景を教えて頂いたり，最先端のロボティクス，計測機器を見学させて頂いたりした．

2. 地上設置型合成開口レーダ [3)]

留学で学んだ事例の一つを紹介する．リーズ大学において，地上設置型の合成開口レーダという計測装置の研修を受けた．これは，ドップラー効果を利用して変位情報を得る装置である．元々，人工衛星や航空機に搭載されていて，地球規模の変位観測 (地形情報の取得など) に用いられていたが，近年地上設置型のレーダが登場した [3)]．本装置の射程は，用いる波長により異なるが，概ね 0.5 m ~ 20 km までであり，計測精度は ±1 mm となっている．

この装置の重要な利点は三つある．一つは，観測対象にセンサが不要であること，一次元ではあるが，面的な観測を高精度に行えること，そして動的変位を計測可能であることだ．土木構造物を対象にした場合，この三つ目の利点が重要な役割を果たす．それは，常時微動や風荷重による振幅を計測可能であるためだ．これまで，構造物の振動を計測する場合，加速度計，データロガー，PC の三つが必要であった．加速度計を設置する場合，設置場所の制約が大きく準備が大掛かりになるほか，点でしか評価できない．しかし，地上設置型の合成開口レーダ は運搬可能なサイズで，現場から数 km 離れた位置でも計測可能な上，設置すればすぐに計測開始できる．これらの利点を活かして，斜張橋におけるワイヤの振幅から固有周期を求めて，ワイヤの張力を得るといった，モニタリング手法が確立されている [3)]．

この装置をプレキャストアーチカルバートにおけるメンテナンスに採用する場合，以下のような検討が考えられる (図 2).

現場計測：車両荷重に対する変位振幅の測定

模型実験：車両荷重を再現した実験による応答の確認

数値解析：現場計測の再現解析

基礎理論：変位振幅と構造物の健全度を結ぶ理論式の確立

車両荷重に対する変位振幅の計測精度は，Beben ら [4), 5)]により，接触式変位計との比較実験により確認されている．ただし，車両荷重はどのようにして現場で計測し，実験・解析上においてモデル化するかを考えた場合，課題が残るが，将来的にはこのような果敢な取り組みも重要だと考えている．

(a) 計測システム

(b) 斜張橋の振動計測

(c) 煉瓦アーチ橋における振動計測

写真 3 計測研修会

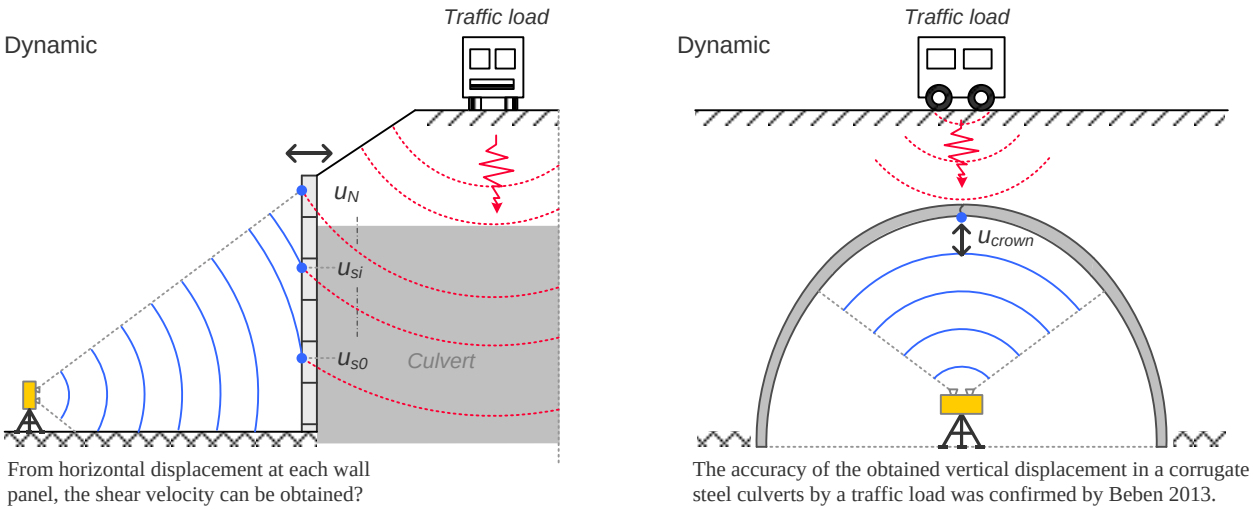

図 2　カルバート構造物における振動計測

3.　留学中の生活

リーズ大学では，寮に入って生活していたが，親切な指導教官の先生と寮生に恵まれて，何不自由なく過ごすことができた．3 月の間は，平日・週末と研究室に行って作業し，なるべく早くこちらの環境に順応できるよう対応していた．普段の生活で印象に残ったことは，スーパーのマイバッグ習慣が根付いていることと，カード社会になっていることだった．マイバッグは帰国してからも継続しているし，ワンタッチで会計が済ますことができない場所が多くて少しストレスを感じたくらいだった．

イギリスの生活環境に面白さを感じたのは，このように環境に配慮したマイバッグ習慣や，会計を簡単にするカード社会化と言った環境づくりには励むのに対し，寮にあるシャワーの水圧がとんでもなく弱かったり，昔の石畳舗装を使い続けているがメンテナンスが行き届いて居なかったり，手元にある生活環境を頑固に使い続けている様子が伺えたところからだった．

食事については，想像していたよりも，リーズの食文化が豊かで，満足していた．指導教官の先生に連れて行って頂いた，大学近くのレストランでは，魚介類とハーブを併せた料理を専門に取り扱っており，どの料理も非常においしかった．

生活に慣れ始めて，学会論文投稿などのイベントを無事終えた 4 月からは，週末に時間を作って，イギリスの風土を楽しむべく観光した．イギリス国内は，北はハイランドにあるインバネス，南はロンドンまで，鉄道を利用して訪れた．特に，エディンバラ，ハイランドが綺麗な風景で心が洗われた．

(a)　Fish & Chips　　(b)　大学近くのレストラン　　(c)　テムズ川とロンドン・アイ

写真 4　留学生活①

(a)　ビートルズ博物館

(b)　ハイランド観光

(c)　お別れ会

写真 5　留学生活②

一点，滞在中で後悔したのは，語学学校に通うことだった．どこまででも，英語力の改善はし続けることができるし，より自信があればどんな環境でも，多くの人と会話を楽しむことが出きるからだ．

4.　イギリス土木構造物巡り [6), 7)]

イギリス滞在中に，一度はイギリスの誇る土木構造物を見学したいと考えていた．そこで，知人に聞いたり，個人的に情報を集めたりして，ハイランド地方に訪れて，石積アーチ橋の Thomas Telford's Bridge と鉄骨トラス橋の Forth Bridge を見学した．

Thomas Telford's Bridge は，ダンケルドに位置し，テイ川に架かる石積アーチ橋である．16 世紀に，テイ川の対岸をつなぐ橋梁として，木造の橋梁が複数架けられたが，テイ川の洪水によりすべて消失した．最終的に，対岸に渡る手段として小舟が用いられたが，1766 年に河川の増水に伴って渡河中に事故が発生し人命が失われた．そこで，ようやく政府が動き出し橋梁建設に動き始め，大部分はダンケルドの公爵による寄付金によって，当時橋梁設計者として名をはせた Thomas Telford が設計を担当して，完成に至った．石積アーチの成す曲線が周囲の景観と調和しており，印象深い橋梁であった．

Forth Bridge は，エディンバラから北西に位置するフォース湾と呼ばれる入江に架かっている．「19 世紀末に，大英帝国の歴史が結集して建設された」[7)]橋梁と言って相応しい，存在感の大きな立派な構造物であった．イギリス滞在中は，とにかく雨の多い天気であったが，Forth Bridge では晴れた中，橋が見学出来て良かった．

写真 6　Thomas Telford's Bridge

写真 7　Forth Bridge

感想 - 留学を終えて

リーズ大学での留学生活が始まった時，訪問研究員の部屋に一つデスクと PC を与えて頂いた．何となく，学部四年生に今の研究室に配属が決まったことを思い出し，新鮮な気持ちになった．普段と異なる環境で，新しい研究のアイデアを考えたり，先生と議論したりする日常は，刺激的であった．リーズ大学は，イギリスにおいても国際色が豊かな大学で，お世話になった先生の殆どがヨーロッパの他の国から来られた先生ばかりであった．そのため，議論の観点や考え方も先生方で異なり，多様な見解を聞ける一方で，根本的に重要な意見は一致している．そんなやり取りが非常に楽しい留学生活であった．

謝辞

リーズ大学への留学にあたり, 温かく受け入れて頂いた Raul Fuentes 先生と Nikolaos Nikitas 先生には，心から感謝を申し上げます．誠に有難うございました．先生方には，私の滞在の間とにかく親切に気にかけて下さり，様々な勉強の機会を提供頂きました．自分の力不足で，それらの機会を活かしきれない部分もありましたが，先生方とのご縁は今後の研究を形成するうえでとても大切なものとなりました．

留学への出発を温かく見守って頂いた木村亮先生はじめ，木元先生，澤村先生，秘書の山本様，そして木村研学生の皆様には，私が留学中においても何不自由することなく，日本から支援頂きました．誠に有難うございました．お陰様で，非常に楽しい留学生活を送ることができました．心からお礼申し上げます．

参考文献

1) 一般財団法人　日本建設情報総合センター JACIC：英国における BIM Level 2 の実務への適用と将来展望，JACIC セミナー，平成 29 年 1 月 13 日 http://www.jacic.or.jp/movie/jseminar/ (2018/7/7 アクセス)

2) 一般財団法人　日本建設情報総合センター JACIC：JACIC 海外調査（英国 CIM の概要と動向），JACIC セミナー，平成 29 年 1 月 13 日 http://www.jacic.or.jp/movie/jseminar/ (2018/7/7 アクセス)

3) Pieraccini, M., 2013. Monitoring of Civil Infrastructures by Interferometric Radar: A Review, *The Scientific World Journal*, Vol. 2013, Article ID 786961.

4) Beben, D., 2011. Application of the interferometric radar for dynamic tests of corrugated steel plate (CSP) culvert, NDT&E International, Vol. 44, pp.405-412.

5) Beben, D., 2013. Experimental study on the dynamic impacts of service train loads on a corrugated steel plate culvert, Journal of Bridge Engineering, vol. 18, no. 4, pp. 339–346.

6) Dunkeld & Birnam Tourist Association: Thomas Telford's Bridge, History & Heritage, http://www.dunkeldandbirnam.org.uk/historyheritage/33-history/75-thomas-telford-s-bridge (2018/7/8 アクセス)

7) 英国をもっと好きになる　ニュースダイジェスト：スコットランド紙幣の日本人　渡辺嘉一，特集, http://www.news-digest.co.uk/news/features/6073-kaichi-watanabe.html (2018/7/8 アクセス)

Photo gallery

リーズ大学キャンパス内外の様子

エディンバラ　修道院跡地

エディンバラ　ホリールード宮殿

特に美味しかった料理　スコティッシュブレックファスト・サーモン・アイリッシュシチュー

ハイランド　グレンコー

ヨーク　ウェストミンスター寺院