

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

タイ国におけるレジリエンスの強化のための道路と橋梁のライフタイムマネジメント技術の開発
(2022年4月～2027年3月)

2. 研究代表者

2.1. 日本側研究代表者：佐藤 靖彦

(早稲田大学 創造理工学部社会環境工学科 教授)

2.2. 相手国側研究代表者：ワンチャイ ヨートズッチャイ

(カセサート大学 工学部 教授)

3. 研究概要

当該プロジェクトの目標は、タイ国の東北回廊と第二東西回廊を構成する道路と橋梁群を研究対象とし、道路ネットワークの安定的供用に必要不可欠なシステムとそのシステムを動かすための人材と体制を整備することにある。

具体的には、以下の6つの研究題目について取り組み、防災と維持管理の複眼的視点を有する道路と橋梁のマネジメントシステムをアセアンインフラメンテナンスセンター(AIM)に実装する。

- 1) 自然外力と過積載荷重の評価と構造物の損傷・破壊メカニズムの解明
- 2) 外観目視とクラウドモニタリングを組み合わせた点検モニタリングシステムの開発
- 3) 自然災害のリスク評価とAIによる外力評価を組み込んだ構造安全性診断システムの開発
- 4) 複数の材料と工法を組み合わせた補修・補強システムの開発
- 5) 上記システムを動かすための補修補強設計、施工、維持管理に関わる各種マニュアルの作成
- 6) 人材育成・教育プログラムの開発

以上の成果は、3つの指標、すなわち、(1) 道路と橋梁のマネジメントに必要なコード・マニュアル、システム、プログラム、技術（マネジメントシステム）のDOH¹への提案、(2) 東北回廊と第二東西回廊連結領域を対象とした構造物群の防災および維持管理の複合的視点に基づく補修補強優先度の決定、(3) DOHのイニシアティブによる小規模な補修補強工事の実施を通じたマネジメントシステムの妥当性の検証、により確認されるとしている。

4. 評価結果

総合評価：A

(所期の計画と同等の取組みが行われている)

¹ DOH: Department of Highways タイ運輸省道路局

当該プロジェクトでは、研究開始時から COVID-19 の影響を受けながらも、研究代表者がリターン橋崩落事故の調査でいち早く現地入りし、原因解明に努め、相手国からの信頼を獲得する等、相手国の要望をよく理解した上で、現実的で手堅い手法により課題解決を目指している。科学技術の発展という意味においても、特にコンクリート構造物のメンテナンスの分野では大きな貢献が見られる。中間評価時点としては、進捗状況も概ね順調であり、成果が期待できることから、総合評価はA（所期の計画と同等の取組みが行われている）とした。

特に、コンクリート構造物の維持管理については点検・診断・補修補強とそれぞれが丁寧に進められており、論文投稿も進むなど成果が着実に挙げられている。また、民間企業との連携によりニーズがより明確になっており、補強資材などは現地生産も視野に入っているなど、プロジェクト終了後に日本の技術の普及が見込まれていることは高く評価できる。

一方で、切土、盛土の経年劣化評価や今後予測については、十分な現地調査を行えていなかったこともあり、実態との整合が困難で技術的なハードルが高いと考えられる。この法面保護の研究はどこまでマネジメントシステムに落とし込めるか、補修方法を現地生産できるか等は未知であることから、期間内に達成できる目標と現地に実装できる技術についてプロジェクト内で改めて検討が必要であると考えられる。

また、当該プロジェクトが開発する技術の価値をより正確に評価するためには、相手国の道路ネットワークの持続性評価という観点から、交通量増加や気候変動に伴う洪水頻発化などが既存の道路ネットワークにどのようなリスクがあるのかが整理されていることが望ましいため、今後の関連研究の進展に期待したい。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

当初コロナ禍の影響はあったものの、研究代表者のリーダーシップの元でその遅れは概ね取り戻しており、すべての取組みが科学的・技術的インパクトが高いというわけではないが、研究成果の中には国際的に高いレベルのジャーナルにまとめられているものもあり、順調に進められていると評価できる。

特に、コンクリート橋の維持管理技術の構築については、橋梁の劣化要因が塩害や洗掘ではなく、中性化であることが明らかになったことから、検討対象がシンプルとなり、補修用の樹脂、モアレシートを用いた変位・ひび割れ幅計測などで特許を申請するなど、着実に成果が挙げられている。DOH との連携も充分で、ここで開発された技術のタイ社会への実装にも大きく期待できる。

しかしながら、法面保護の研究には遅れがみられており、3年目になっても担当研究者がタイに渡航できていないのは懸念される。今後の現地調査の進展によっては、新たに注目・解決すべき課題が見つかる可能性はあるため、一日も早い現地調査の実施が待たれる。その一方で、崩落現場の地域ごとの特徴については、地質図や衛星写真の解析を通じて可能な部分もあるので、渡航前にそうした分析作業を十分に行った上で、北部タイでの現地調査を実施することも検討して

いただきたい。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

日本側の体制としては、研究題目ごとに役割分担が明確に設定されており、研究代表者によってうまくまとめられている。特に、タイ側の体制や状況の変化に対応して計画を変更したり、民間の力を十分に発揮させたりして、最大限の成果を出そうとしている研究代表者の姿勢とリーダーシップは高く評価できる。今後、遅れが見られる題目にてこ入れしたり、「道路と橋梁のライフタイムマネジメント技術」として各題目で出てきた成果を統合させたりする場面が出てくるため、引き続き、強いリーダーシップが期待される。

また、タイ側との協力体制についても、DOH との連携は十分とられていて、代表機関のカセサート大学との連携にも問題は無い。今後、現地での研究推進にこれまで以上に高いコミットメントが必要となるチュラロンコン大学にもプロジェクトディレクターを立てるなど、国際共同研究の実施体制は適切に整備されてきている。

プロジェクト運営の面においては、円安に伴うアクチュエーターの価格高騰などの影響を受けつつも、柔軟に予算管理がなされていることは評価できる。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

橋梁の評価システムを構築し、補修・管理などを適切に行うことは、タイが求める橋梁の保守管理に対して工学的手法で支援可能であるが、これらはアジア全体で必要とされる科学技術であり、地球規模での貢献であると言える。当該プロジェクトは、純粋な防災案件ではないが、日本の質の高いインフラの点検・診断・補強の技術が浸透することは望ましいことであり、ASEAN 諸国にも展開する可能性があることは評価できる。特に、輪荷重と構造物と地盤変位を考慮した評価手法は、海外の構造物の評価手法に取り入れられる可能性は十分にあり、安全性余裕率、耐久性余裕率、乖離度という概念にも新規性がある。

一方で、もう少し災害・防災との関連性を表して頂くことで、本研究プロジェクトがタイ社会のレジリエンスの向上に資する研究であるものとして、相手国政府や住民にアピールできると考える。これまでは DOH の理解や信頼のもとに進められているが、今後は上記の視点に立ち、より戦略性をもって、バンコク都や DRR といった政府組織にも成果をアピールしていただきたい。

他方、法面の研究については、現地調査が十分でなく、崩落個所の位置づけがまだできていないため、課題がどれほど明確になったかが不透明である。今後、プロジェクト期間中に達成可能でタイ社会に実装できる技術はどのようなものであるかメンバーで共有しておく必要があると考えられる。

日本側の若手研究者の育成について言えば、多くの博士前期課程学生や学部生がプロジェクトに参加しており、国際経験を積んでいることは評価できるが、日本の博士後期課程学生やポスド

クの参加が限定的である。2023年に土木学会論文奨励賞を受賞し、2022年と2023年にそれぞれ1名が日本コンクリート工学年次論文奨励賞を受賞しているなど、成果が出ている部分もあるが、今後は若手の国際的研究人材育成についても積極的に検討していただきたい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

当該プロジェクトは、DOH およびチュラロンコン、カセサートの両大学の研究者との強い連携の上に構築されており、長期滞在が計画されている若手研究者を通じて今後もプロジェクト期間中は効果的に研究活動を続けられると見込まれる。

研究についていえば、道路橋梁等のコンクリート構造物に関しては、ここで開発された維持管理技術が、タイでこれまで作られてこなかった示方書やガイドラインとしてまとめられれば、重要な成果となる。その他にも、成果の多くはBMMS²に実装予定で、相手国での社会実装の可能性は高く、今後点検データが蓄積されて知見が増えることで、さらに継続的に発展すると考えられる。

一方で、タイから受け入れている留学生・研修生に長期的に期待する役割が明示されておらず、当該プロジェクトのキャパシティディベロップメントの取り組みが、タイ側の持続的研究活動にどれほど貢献するのかが読み取れない。ハイレベルな技術者や研究人材の持続的確保はタイでも苦勞しており、日本の大学に受け入れたタイ人留学生が帰国後に研究や実務の現場に戻れるようになっているのかは不明である。どのようにプロジェクト後にこの成果をもってタイ側が独力で自走していけるのか、そのときの体制や道筋はどのようなものかといった点は未だ明確にされていない。

5. 今後の課題・今後の研究者に対する要望事項

・これまで進めてきた技術的課題の解決については、それぞれの題目で一定の進捗が見られるが、個別技術要素を組み合わせで確立される「道路と橋梁のライフタイムマネジメント技術」の全体像が掴みづらい。今後はより具体的に提示され、日本タイ双方のチームが共有して、とりまとめに向けてプロジェクトを推進することが重要である。また、タイ側が独力で課題に対応できるか、成果を発展させて新たな課題に対応できるか、といった点については不安が残る。人材育成や体制整備をより戦略的に進めて頂くように期待したい。

・コンクリート構造物については、当該プロジェクトの調査・研究によって、その主な劣化要因が疲労と中性化であることが明らかになったことから、技術的にクリアすべき課題はそれほど高くなく、プロジェクトの方針は明確で実装の可能性が高いので、確実にBMMSに落とし込めるように進めて頂きたい。一方で、輪荷重が疲労の主な原因であることから、交通量の変化予測に基づく道路ネットワークの持続性評価を行う必要がある。プロジェクト側の説明によれば、交通量

² Bridge Maintenance and Management System

の変化について新たな予測技術を開発中とのことであったので、その進展に期待したい。

・切土・盛土対策については、プロジェクトが提示している地盤に関する研究データだけではマネジメント対策が有効であるかを判断することは難しい。橋梁への洪水による影響、降雨による道路の脆弱性等の評価を行い、そうしたハザードへの対処が必要ではないならばその旨を客観的根拠と共に説明して頂きたい。

・盛土の長期劣化予測は難しい課題であるため、プロジェクト期間で達成できる目標を改めてプロジェクトが共有する必要があると考えられる。まずは、観測、評価、解析技術を確実にタイ側に移転し、相手国で継続的に研究できる体制と道筋を整えて頂きたい。そのためにも、地質学、第四紀学など地盤関係の研究者を日本・タイ双方から補充し、体制を強化することが望まれる。

以上

成果目標シート

研究課題名	タイ国におけるレジリエンスの強化のための道路と橋梁のライフタイムマネジメント技術の開発
研究代表者名 (所属機関)	佐藤 靖彦 (早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 教授)
研究期間	R2採択(令和2年8月1日から令和8年9月30日)
相手国名/主要相手国研究機関	タイ王国/カセサート大学, 運輸省道路局
関連するSDGs	目標 9. 強靱(レジリエント)なインフラ構築, 包摂的かつ持続可能な産業化の促進及びイノベーションの推進を図る 目標 11. 包摂的で安全かつ強靱(レジリエント)で持続可能な都市及び人間居住を実現する 目標 13. 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる

成果の波及効果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 日本企業による成果の事業化 メンテナンスマーケットの創出 陸のASEANIに展開する日本企業の活動基盤確保
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 構造物の設計と維持管理の連続化概念(ライフタイムデザイン)の構築 AIを活用することによる維持管理技術の合理化
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 複数の手法を組み合わせた安全性診断法 モニタリングと解析を組合せた安全性診断法 モアレを用いたひび割れ幅振幅計測技術
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 若手大学教員のASEANIにおけるプレゼンス、問題解決能力、国際共同研究推進能力の向上 管理者および技術者の国際展開能力とコミュニケーション能力の醸成
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 研究者間および民間企業間の日タイ人的ネットワークの構築
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> 道路と橋梁の補修設計・施工・維持管理マニュアル 人材育成プログラムと大学教育カリキュラム 塩害、交通荷重、洪水による複合損傷メカニズムの解明(マルチハザードに対する対策)

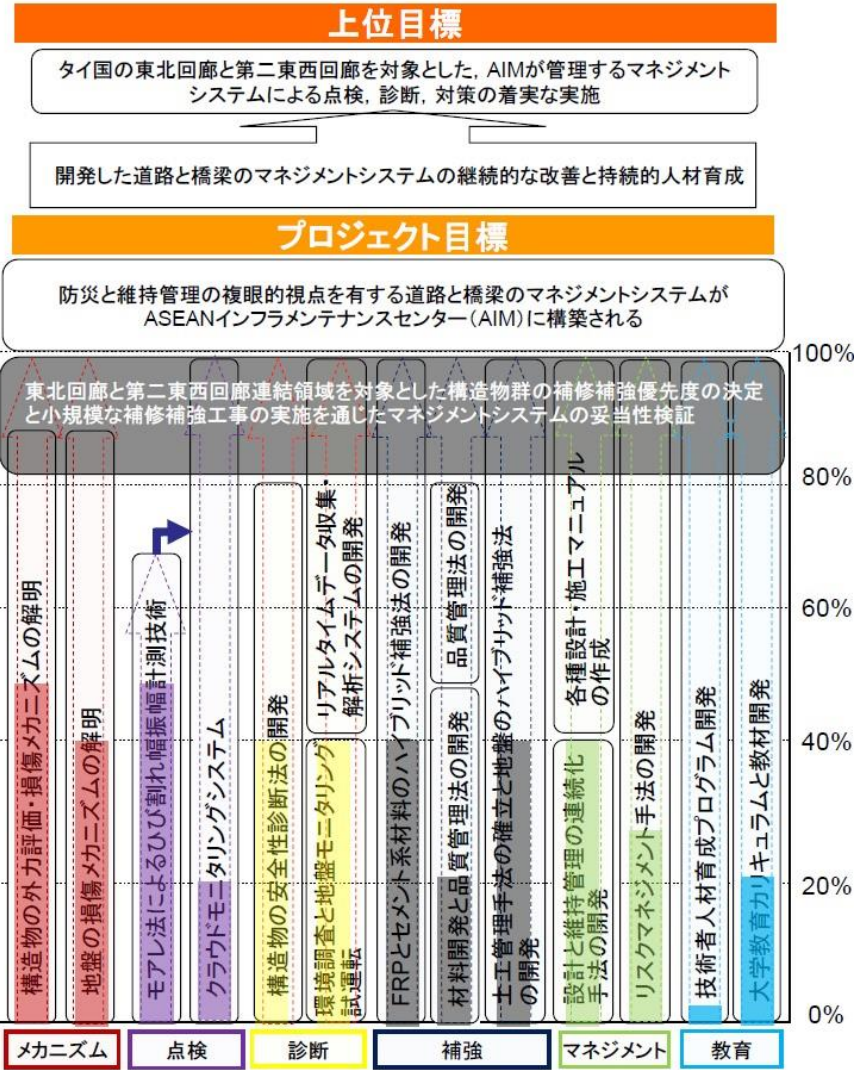


図1 成果目標シートと達成状況 (2024年1月時点)