

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：16401

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0187

研究課題名（和文）ベトナムの農業水利施設へのストックマネジメント導入の可能性について

研究課題名（英文）A feasibility study on introduction of stock-management system to irrigation facilities in Vietnam

研究代表者

佐藤 周之（Sato, Shushi）

高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・教授

研究者番号：90403873

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ベトナムにおいて建造される農業水利を目的としたコンクリート構造物のコンクリートの品質を明らかにすること、健全な維持管理のためのストックマネジメント体制の導入の可否を検討することを目的とした。ODA等の支援によるプロジェクトの場合、日本の技術者が施工管理を担っているため、建造当初は一定の品質が担保されていた。また、全体としてコンクリートの品質は低いものが多い傾向にあった。現状で、維持管理体制はほとんど構築されていなかった。また、維持管理のための性能評価を的確に実施する体制が構築できておらず、理論に基づく体系的な検査・管理体制構築の必要性があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題の成果における学術的意義は、途上国におけるコンクリートの品質は設計図書から読み取ることができないものであり、原位置における調査が不可欠であることを検証できた点である。とくに、今後造る時代から維持管理の時代に移行することは途上国では間違いのないことであり、我が国の経験と積み上げた知識を共有する体制を作ることは極めて重要である。本研究成果として挙げている知見の共有のための体制を、双方の国の専門を同じくする研究者らの中で構築できたこと、さらには、ベトナム国内で近年注目をされている気候変動とコンクリートの変状に係る研究への共同研究に繋げることができたことは、大きな社会的意義を持つ成果である。

研究成果の概要（英文）：This research subject had two aims: one was to clarify the quality of irrigation concrete facilities in Vietnam. The other one was to confirm the possibility of stock management system to irrigation concrete facilities for appropriate maintenance and management in Vietnam. As for the structures constructed in the project of Overseas Development Assistance (ODA), concrete quality in structure was constantly assured at initial condition because Japanese engineers took charge the process management of construction. On the other hand, overall trend of quality showed lower quality than designed quality of concrete. The present situation, maintenance and management of concrete structures have not been established yet. Moreover, systematic diagnosis for correct performance evaluation to achieve maintenance and management has not built. It is necessary in the future to construct systematic scheme of inspection and evaluation of concrete performance.

研究分野：農業農村工学

キーワード：農業水利施設 コンクリート構造物 スtockマネジメント コンクリートの品質 調査診断技術

1. 研究開始当初の背景

本課題の核心をなす学術的「問い」は、「なぜ開発途上国の農業用水施設の機能不全は当初計画より早く生じるのか?」である。我が国では、主に国営で造成した農業水利施設に対し、ストックマネジメントの導入による施設の長寿命化対策が進められている。具体的には、コンクリート材料の調査・診断と、施設としての機能診断が適宜組み合わせられ、機能保全に向けた最適な施設利用計画が策定・実行されている。その中で、施設の使用性能に支障をきたす(機能不全)変状の原因のうち、コンクリート材料に起因するものは初期欠陥由来が多い傾向が確認できた。つまり、コンクリート材料そのものは、所定の供用年数を経ても大きな品質低下が見られるものは少なく、密実な良い状態が保たれており、変状が生じるものは竣工段階で既に問題を抱えている。一方、東南アジア各所で観察したコンクリートは、破壊面のモルタル部分が異様に黄色であったり、人の頭より大きな骨材が「放り込まれたり」するなど、当初からの品質が疑われるものが散見された。以上から、施設・構造物の耐久性を論じるにあたっては、開発途上国のコンクリートの品質そのものを明らかにするとともに、用水施設の機能不全との関係の解明が不可欠と考えた。

こういった背景を踏まえ、国際支援の相手国での設計・施工状況、現地で製造されるコンクリートの品質を把握し、機能不全の原因を明確化することが必要である。さらに、継続的な用水施設の整備・保全が行われるよう、相手国の経済性や技術状況に合致した施工・維持管理手法の枠組みを構築することが不可欠と考えた。

2. 研究の目的

本研究課題では、ベトナム社会主義共和国(以下、越国とする)において、過去から現在に亘って我が国の援助で建造された農業水利施設のコンクリートの品質評価を行うことで、材料学的な見地から施工・維持管理方法の改良・改善方法を提案することを目的とした。ただし、日本のストックマネジメント技術全般をそのまま適用することは、経済性や技術的制約から現実的でなく、適切なダウングレードが必要となる。ストックマネジメントの本質は「もったいない」に由来しており、品質が低い既設構造物に対しても、それを如何に確実に、低コストで長寿命化することができるか、が最も現実的な対応にもなる。

以上の目的ならびにコンセプトを踏まえ、農業水利施設の機能不全の原因究明を行うとともに、材料学的な見地から施工・維持管理手法の提案を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、越国内に建造された農業水利施設のコンクリートの品質に関する調査・評価を、以下の手順で実施した。

1) 設計図書(品質管理方法および配合設計)の整理

農業水利施設のコンクリート品質の評価において前提となる、設計・施工に関するデータ収集を行う。基本的には、建造に携わったベトナム国現地の施工会社および日本のコンサルタント会社から、使用材料、配合設計、施工方法、品質管理に係るデータを取得した。これにより、実際に生じたコンクリートの変状が、セメントや骨材などの材料品質、配合条件、締固め方法や打継面の処理などの施工面、施工後の養生(品質管理)、のいずれに起因するものかを特定した。

2) 原位置でのコンクリート品質調査(表層品質の特性評価)

本研究では、各種の非破壊・局部破壊試験により、供用中の農業水利施設の原位置におけるコンクリート品質の調査を行う。具体的な試験内容と評価項目は表に示す通りである。表中のA~Cはコンクリート構造物の健全度を評価する一般的な試験でありDとEはコンクリート構造物の耐久性を評価する上で肝となる表層部分のコンクリートの品質を評価する試験である。以上に加えて、供用環境にかかわらず普遍的に進行するコンクリートの中酸化に対する抵抗性(表中のF)を評価し、コンクリート品質評価の一指標とした。

原位置調査で得た品質評価結果に基づき、先述した表面含浸材とポリマーセメントモルタルによる表面被覆工法が、ベトナム国の農業水利施設の長寿命化対策として有効か否かを実証的に検証した。

表 原位置調査の方法と評価項目

	試験方法	評価項目
A	目視、打音検査	変状の有無
B	テストハンマー強度試験	表面硬度、圧縮強度
C	表層引張強度試験	表層部の緻密性
D	表層透気試験	物質移動抵抗性
E	表面流水試験	表層部の水密性
F	中性化試験	中性化深さ

3) 現地カウンターパートとの関係構築および調査対象施設の選定

社会主義国であるベトナム国においては、カウンターパートとの事前の調整がなければ円滑な調査研究の遂行は困難である。そこで、ベトナム中部最大の国立大学である Vinh 大学工学科の Prof. Long との共同研究の実施ならびに Vinh 大学と高知大学の大学間交流協定締結により、学術研究交流の実績化を図った。また、研究対象施設を Nghe An 省内 (Vinh 大学も同省内) の ODA を利用した農業水利コンクリート構造物とした。

4. 研究成果

本研究課題は、申請段階での研究機関を平成 30 年度～令和 2 年度としていた。しかし、採択そのものが平成 31 年 1 月であり初年度の実行期間が 3 か月弱しかなかったことで、当初から計画通りの実行ができなかった。さらに、2 年目以降となる令和元年度末からのコロナウイルス感染拡大を受け、最終的には 3 年間の期間延長を余儀なくされた。ベトナムと日本の感染拡大状況の違いもあり、円滑な現地調査の遂行には令和 4 年度後半まで待たざるを得なかったが、カウンターパートとなる現地研究機関 (Vinh 大学) との関係復旧から現地調査の実施までを速やかに実施し、以下の研究成果を得た。

1) 現地で製造されるコンクリートの品質

現地で ODA の一環で建造される農業水利施設のうち、コンクリート造の設計図書を直接入手するとともに、施工管理の現場での実態を調査した。建造に用いられるセメント (普通ポルトランドセメント) の品質は、ベトナム国内の工業規格に合致したものであり、品質 (粉末度や硬化時間、呼び強度) も基本的に安定していることが確認できた。構造設計用の設計基準強度の設定や構造計算は我が国のコンサルタントが実施しており、利用を想定するコンクリートの品質には何ら問題がなかった。

一方、施工現場での品質管理は、日本人が常駐して実施する体制が確立されており、現場打ちコンクリートの品質管理を、常時コアサンプルを成型・現場封緘養生し、密度と圧縮強度の評価を行うことで実施していた。細骨材および粗骨材の品質については、常時標準粒度の範囲に収まるものばかりではないが、それでも粒度分布や F.M.などを適正に把握し、可能な限り最適な配合条件となるよう苦心して配合設計を決定、確認していた。ただし、現場付近で入手可能な骨材に限界がある場合が存在することを考慮する必要があった。それでも設計基準強度は必ず満足することを確認していた。

2) 農業水利コンクリート構造物の品質

本研究期間を通して複数回の現地調査を実施し、合計で約 15 箇所の水利コンクリート構造物の品質調査を行った。対象とした構造物種は、頭首工、貯水池のライニングコンクリート、取水門、水路である。また本研究では、複数の原位置調査方法を試行錯誤的に取り入れており、最終的には、機器の持ち運びが容易であること、電源が不要であること、試験が迅速かつ簡便に行えること等の理由から、テストハンマー強度試験、シリンドラー式簡易透気試験、表面流水試験、という三種類の試験を中心にデータ蓄積を行った。

結果として、調査対象とした施設において、コンクリートの品質には大きなばらつきがあることが確認された。また、3 種類の各試験で得られた結果同士には、明確な相関はないことが確認された。これは、各試験で評価可能な表層部の深さに差異があることが一因であると推察された。本調査の結果から、一部の構造物においては、コンクリート品質は健全であるとは言えないものの、施設の機能としては十分に役割を發揮しているものが散見された。したがって、コンクリート品質と施設の機能との関係について、今後、詳細な関連付けが必要と考えられた。

3) ストックマネジメント技術の導入の可能性

本課題の現地調査では、カウンターパートとして Vinh University の Prof. Long (Head of department of Engineering) の協力を賜った。理由は、Prof. Long がコンクリート構造物の中でもとくに鉄筋造の実土木構造物を対象として、調査を実施していたためである。研究開始当初に気づいたことは、コンクリート構造物の調査診断技術に係る知見の集積が不十分であること、そのため我が国で導入が進む土木構造物のアセットマネジメント、ストックマネジメントは導入に至っておらず、破壊・非破壊試験装置の用意もほとんどない状況であった。

そこで、本研究課題の遂行と併せて、Prof. Long を含む土木工学科の若手教員を常時現地調査に同道し、目視や打音といった日常点検と記録の方法を共有した。点検で変状が確認された場合には、要因の絞り込み、想定される劣化に応じた非破壊・破壊試験を実際に適用し、分析と精査の具体を提示することを繰り返した。また、コロナ後となるが、最終年度には二度に亘るワークショップ (次項にプログラムを示す) を開催し、我が国の土木技術の中でも、とくに長期供用のための維持管理技術 (ストックマネジメント技術) の共有を進め、結果として、本研究課題を受け継ぐ形の国際共同研究の計画・立案を進めることができた。



VINH UNIVERSITY
Department of Civil Engineering

Workshop Sustainability in Civil Engineering

- ✓ Time: 7:30, Jan 10, 2024
- ✓ Place: Room 6th Floor, Administration Bldg., VU

Speakers:



- ❖ Dr. HASEGAWA Yuki
National Institute of Technology Kagawa College
Investigation on concrete quality of agricultural irrigation facilities in Vietnam by simple non-destructive tests



- ❖ Dr. Takayuki Shuku, *Okayama Univ.*
Data-driven modeling in geotechnics



- ❖ Dr. Shushi SATO, *Kochi Univ.*
Importance of diagnosis of Reinforced Concrete



- ❖ Dr. Dinh-Quoc Phan, *Vinh Univ.*
Quality deterioration assessment of reinforced concrete bridges in areas contaminated with Chloride and Sulfate



- ❖ Mr. Tuan-Anh Nguyen, *Vinh Univ.*
The natural frequency of beam structures with bi-direction functionally graded porous rest on elastic foundations

☐ Contact: Ngoc-Long Tran, Phone: 0989.202.055



Workshop

Sustainable Development in Civil Engineering for Responding to Climate Change

- ✓ Time: 8:00, Mar 4th, 2024
- ✓ Place: Vinh University, Vietnam

Speakers:



- ❖ Dr. Isamu NATSUKA
Emeritus Professor, Shimane University (Japan)



- ❖ Dr. Behzad BAVARIAN
Professor, California State University at Northridge (USA)



- ❖ Dr. Takayuki SHUKU
Assoc. Professor, Okayama University (Japan)



- ❖ Dr. Yuki HASEGAWA
Senior Lecturer, National Institute of Technology, Kagawa College (Japan)

☐ Contact: Prof. Ngoc-Long Tran, Phone: (+84)989.202.055; Email: longtn@vinhuni.edu.vn

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 上野和広, 島田耀平, 佐古田又規, 溝淵健一郎, 水野正之, 佐藤周之, 長束 勇	4. 巻 89(1)
2. 論文標題 締固め条件が水浸したベントナイト混合土のせん断強度に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 農業農村工学論文集	6. 最初と最後の頁 I_93-I_102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11408/jsidre.89.I_93	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 武政亜美, 佐藤周之, Peter Kaba
2. 発表標題 木質焼却灰を混合したモルタルの強度発現に関する基礎的研究
3. 学会等名 令和3年度農業農村工学会中国四国支部講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 木村海秀, 佐藤周之, 山本昌宏, 高橋慶吉
2. 発表標題 農業水利施設に利用される無機系補修材の表層品質評価に関する研究
3. 学会等名 令和3年度農業農村工学会中国四国支部講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kaba Peter, Sato Shushi, Yamamoto Masahiro, Takahashi Keikichi
2. 発表標題 Estimation on repair effect of surface impregnation method by surface tensile strength test
3. 学会等名 2021年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野和広、佐古田又規、溝渕健一郎、水野正之、佐藤周之、長束勇
2. 発表標題 水分量履歴がペントナイト混合土のせん断強度へ与える影響
3. 学会等名 2021年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野和広、佐古田又規、溝渕健一郎、水野正之、佐藤周之、長束 勇
2. 発表標題 ペントナイト混合土を活用したため池改修に関する取り組み
3. 学会等名 2021年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaba Peter, Sato Shushi
2. 発表標題 EFFECT OF WATER-CEMENT RATIO ON FREEZE-THAW USING ULTRASONIC PULSE VELOCITY ANALYSIS
3. 学会等名 令和3年度農業農村工学会中国四国支部講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kaba Peter, Sato Shushi, Yamamoto Masahiro, Takahashi Keikichi
2. 発表標題 INFLUENCE OF FREEZING AND THAWING CONDITIONS AT INITIAL AGE ON THE STRENGTH DEVELOPMENT OF MORTARS
3. 学会等名 International Conference of GEOMATE 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	上野 和広 (UENO KAZUHIRO) (60560167)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教 (15201)	
研究分担者	長谷川 雄基 (HASEGAWA YUKI) (70797092)	香川高等専門学校・建設環境工学科・助教 (56203)	
研究分担者	珠玖 隆行 (SHUKU TAKAYUKI) (70625053)	岡山大学・環境生命科学研究所・准教授 (15301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------