

- 【1. 日本側拠点機関名】 埼玉大学
- 【2. 日本側協力機関名】 東京大学、広島大学
- 【3. 研究課題名】

アジア域の風土に適合した暑中コンクリートの設計・施工標準の策定に向けた研究拠点

- 【4. 研究分野】 土木構造物の建設材料として最も活用されているコンクリートの分野
- 【5. 実施期間】 平成 29 年 4 月～令和 2 年 3 月 3 年間

#### 【6. 交流相手国との中核的な国際研究交流拠点形成】

タイからは、タマサート大学シリントーン国際工学部（以下、SIIT）を拠点機関、モンクット王工科大学トンプリー校を協力機関とし、ベトナムからは、ベトナム国立建設大学（以下、NUCE）を拠点機関、スリランカからは、モラトゥワ大学を拠点機関、ルフナ大学を協力機関として、日本を含め、4カ国で暑中コンクリートの問題について、本事業による毎年のセミナー（下記、写真参照）を中心に研究交流を行った。ベトナムでのセミナーにはインドネシアからの参加もあり、シンガポールでも本事業のセミナーを開催し、シンガポール・マレーシアから 80 人を超える参加者があった。

#### 【7. 次世代の中核を担う若手研究者の育成】

本研究拠点は、次世代の研究、国際規準策定の中核を担う 30 代、40 代前半を中心に構成された。日本のコーディネーターである浅本自身も申請当時は 40 歳未満であり、各国でのセミナーの開催、共同研究の提案、本事業の統括を行いながら、国際的にリーダーシップを発揮する貴重な機会を得た。日本及び各国の若手研究者も、自身の最新研究をセミナーで発表し、互いの研究シーズとニーズを共有した。本事業に参画した大学院生は、4カ国で約 60 人に上り、その間、NUCE の教員が埼玉大学で博士の学位を修得し、埼玉大学と NUCE との共同教育プログラムで 2 名の修士学生も受け入れた（1 名修了、1 名修学中）。タイのタマサート大学からも博士後期課程の学生が埼玉大学で修学中であり、スリランカとは、ルフナ大学の大学院生の研究副査を浅本が務めている。埼玉大学、広島大学、香川大学の博士前期課程の日本人学生もセミナーで毎年自身の研究発表を行い、英語での研究議論に加え、各国間での学生同士の交流もなされた。

#### 【8. 研究の背景・目的等】

相手国のタイ、ベトナム、スリランカでは、インフラ整備が急速に進む一方で、熱帯地域の強い日射・高い気温によるコンクリートの初期ひび割れ、要因不明確な亀甲状ひび割れ、沿岸部の早期鉄筋腐食など、コンクリート構造物の問題が顕在化している。こうした開発途上国の問題は、気候・材料の異なる欧米諸国の設計・施工規準を使用してきたことが大きく関連している。本研究交流では、アジア熱帯地域を対象に、現地の気候、材料特性に着目し、コンクリート構造物の初期欠陥・劣化要因の分析及びその対策、産業副産物である混和材をセメントの一部に置換する有効性の検討を行うことで、アジア共通の暑中コンクリートの設計・施工に対する技術標準の策定に向けた研究拠点の形成を目的とした。独自の設計・施工規準を策定し、アジア域共通のコンクリートの規準（アジアモデルコード）の構築も主導している日本が、各国の異なる風土、技術レベルを勘案しながら、暑中コンクリートの共通対策を検討する意義は大きく、近年、猛暑日や 40℃を越える気温が各地で観測され、暑中コンクリート対策が急務になっている日本にとっても有益な交流といえる。

#### 【9. 成果・今後の抱負等】

本事業では、まず、各国の暑中環境でのコンクリートの施工実態、対策及びその問題点を把握するため、現地の実務者や、東南アジアで働く日本人技術者を中心に、アンケート及びヒアリングを実施した。その結果、どの国も欧米の材料規格、規準に従い、設計・施工を実施しており、熱帯地域特有の材料、気候条件が十分加味されておらず、初期ひび割れなどの問題が顕在化していることが分かった。初期ひび割れの主要因としては、いずれも乾燥収縮が挙げられた一方で、タイ以外の国では、自国のコンクリートの収縮の実験データが蓄積されておらず、今後、環境、材料特性をパラメータに、大学、民間企業が協力して、広範なデータベースの作成が必要と考えた。また、スリラ

ンカ、ベトナムでは、セメントの水和反応による温度上昇を抑制するため混和材の利用が進む一方で、現地の発注者は、強度発現を重視しているため、混和材置換によってセメントを減らすことを嫌う傾向にあり、混和材を使わず、粗骨材への散水や氷による練り混ぜ水の冷却で温度低減対策とすることが地方では多いようであった。タイでは、マスコンクリートを中心にフライアッシュセメントの使用が標準となっており後述の ASR や DEF による劣化リスクは今後低減すると思われる。バンコク、ハノイで、鉄筋コンクリートの短スパン橋梁の簡易目視点検、かぶり厚さ及び表面水分率の測定を行った結果、水掛かりがあっても、コンクリートのかぶり厚が 40mm 以上あれば、経年や境界条件に関係なく、劣化はほとんど確認できなかった。乾湿の厳しい熱帯地域でも 40mm 程度のかぶり厚さが確保されていれば、鉄筋腐食に必要な水分や酸素が鉄筋位置までほとんど浸透しないことを示唆しており、実験室でも同様な傾向が確認された。

膨張ひび割れが観察されたインドのプレキャストコンクリート枕木の岩石学的分析を行った結果、ASR と DEF の複合劣化の可能性が示された。亀甲状のひび割れが生じたタイとスリランカの高速度道路フーチングでも複合劣化の可能性があり、両者の抑制効果があるフライアッシュの適用が今後の対策になると思われる。スリランカでは、石灰石微粉末がセメントの一部と置換された Portland Limestone Cement (PLC) が使用されており、PLC を用いた場合、溶出される炭酸イオンによって DEF が促進される可能性が示され、混和材の利用には、各環境下でそれぞれの特性を十分に把握する必要がある。壁面の持続的な移動が観察されたタイのダムコンクリートのコア分析を行ったところ、わずかな ASR ゲルが観察され、小さい ASR 膨張でも巨大なダムの壁面の移動をもたらす可能性が示された。今後は、数値解析によって、移動の検証を行う予定である。

暑中環境での Cold joint 発生要件について、モラトゥワ大学と共同で検討を進め、ACI で規定している Vibration limit (貫入抵抗値: 3.5Mpa) では打ち重ねが困難であり、周辺温度、初期温度が変化しても、貫入抵抗の閾値は 0.4-0.6MPa が適切という重要な知見を示した。

本研究交流の活動を通じて、コーディネーターの浅本は、ACF (Asian Concrete Federation) に暑中環境でのコンクリート構造物の問題を扱う TC (Technical Committee) を立ち上げた。インドネシア、インド、ロシア、香港からも参画があり、アジアの各国にネットワークが広がりつつある。本課題に参画したメンバーも若手研究者を中心に TC に参加しており、本事業後も、TC を通じてアジア域の風土に適合した暑中コンクリート対策の策定を目指す。

本事業の HP : <http://park.saitama-u.ac.jp/~asamoto/index.html>

埼玉新聞の記事 : <http://www.saitama-u.ac.jp/rikogaku/jp/column/saiteku-436.pdf>

ACF の TC 情報 : <https://www.asianconcretefederation.org/technical-committee>



SIIT でのセミナー集合写真(2017年)



NUCE でのセミナー集合写真(2018年)



北海道大学でのセミナー集合写真(2019年)



スリランカでの招待講演



シンガポールでの講演



ホーチミンでの講演