

アジア暑中環境でのASR 診断・対策および 水分浸透に着目した 鋼材腐食リスク評価の技術展開

研究代表者: 浅本 晋吾(埼玉大学)

共同研究者: 岡崎慎一郎(香川大学)

川端雄一郎(港湾空港技術研究所)

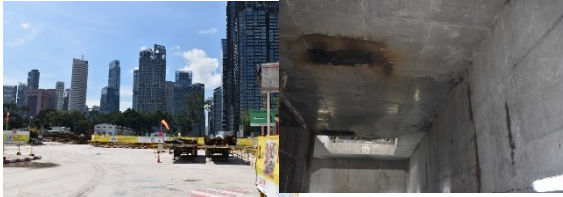
高橋恵輔(宇部興産株式会社)

全邦釘(東京大学)

本研究の対象国及び研究目的(昨年度報告)

経済・技術レベル

シンガポール



- スクラップ&ビルトから維持管理へ
- 高炉スラグ高含有セメントの使用

タイ



- インフラ建設から維持管理へ
- フライアッシュを活用

ベトナム



- 数多くのインフラ建設中
- 混和材活用に大きな期待

各国の気候, 材料特性, 技術レベルに基づいた維持管理

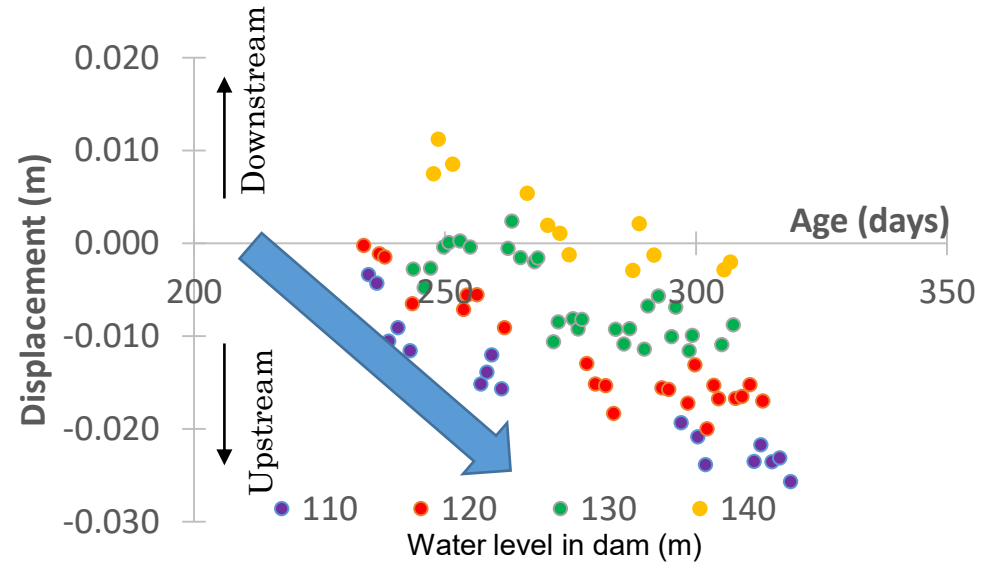
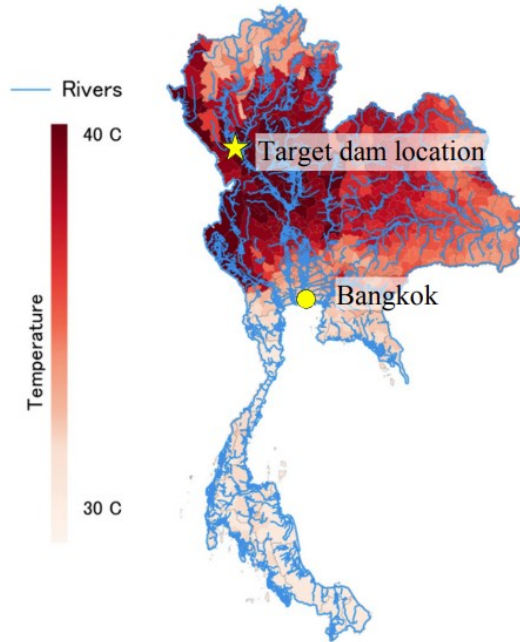
インフラマネジメントの
合理化に向けた技術展開

日本

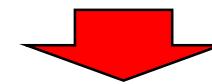
- ASR診断及び対策技術
- 水分浸透に伴う鋼材腐食リスク
- 非破壊試験を用いた表層品質評価

タイのアーチ式コンクリートダムのためみ

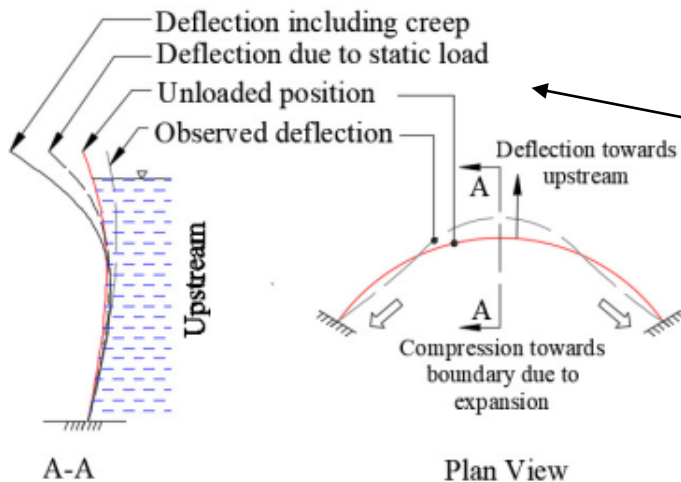
アーチ上部が上流側に徐々に変形



ダム内の水圧による変形であれば、クリープで下流側に徐々に変形するはず



内部膨張反応 (ASR or DEF) による時間依存変形?



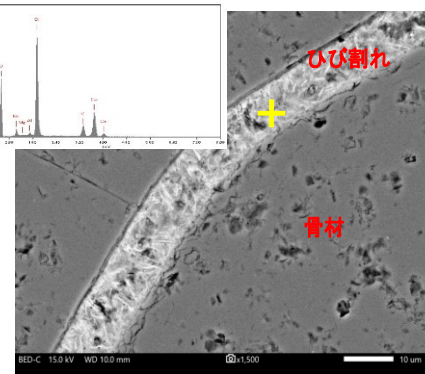
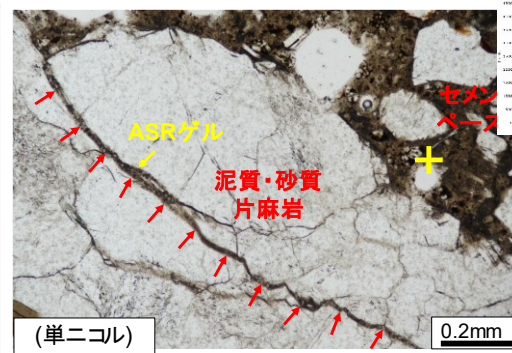
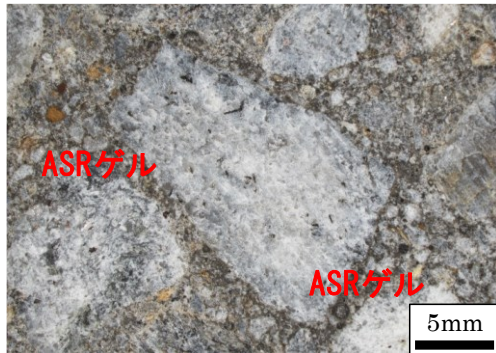
コアコンクリートの分析(昨年度報告)

岩石学的診断

(株)太平洋コンサルタントに依頼



粗骨材		細骨材	
種類	岩石種	種類	岩石種/鉱物種
碎石	片麻岩 (石灰質～泥質・砂質)	砕砂	岩片: 片麻岩(石灰質～泥質・砂質)、砂質片岩、砂岩、頁岩など

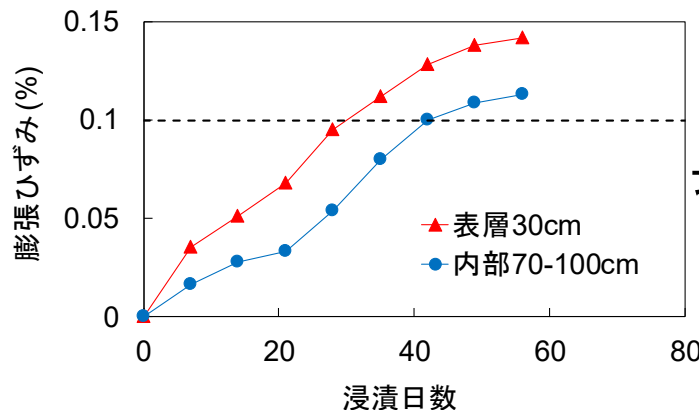


- 軽微なASR劣化を確認
- DEFの特徴は見られない

80°C 1M NaOH水溶液に浸漬させた膨張試験



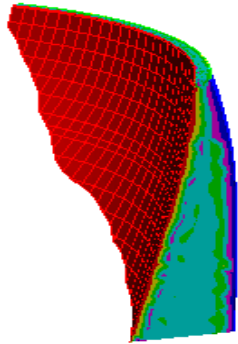
既往のサイズ(直径55mm)より大



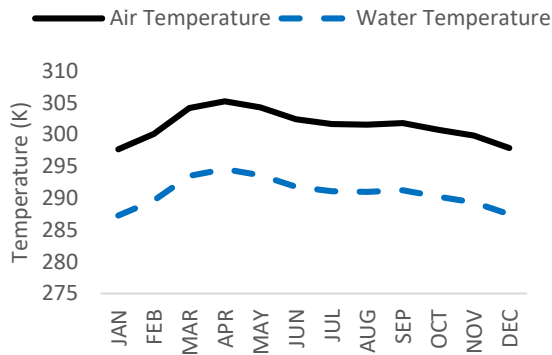
長期的には、0.1%を超える膨張量

解析方法

温度解析

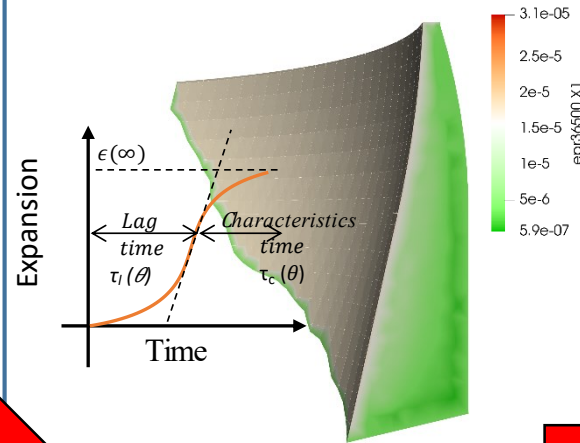


$$\frac{\partial(\theta - \theta_o)}{\partial t} = D_\theta \cdot \text{div} \{ \text{grad}(\theta - \theta_o) \}$$



現地の月平均気温
を入力

ASR膨張モデル



$$\xi(t) = \frac{t \frac{\tau_L}{\tau_c} (e^{\frac{t}{\tau_c}} + 1)}{\tau_c \left(e^{\frac{t}{\tau_c}} + e^{\frac{\tau_L}{\tau_c}} \right)^2}$$

$$\tau_c(\theta) = \tau_c(\theta_o) e^{\left(U_c \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{\theta_o} \right) \right)}$$

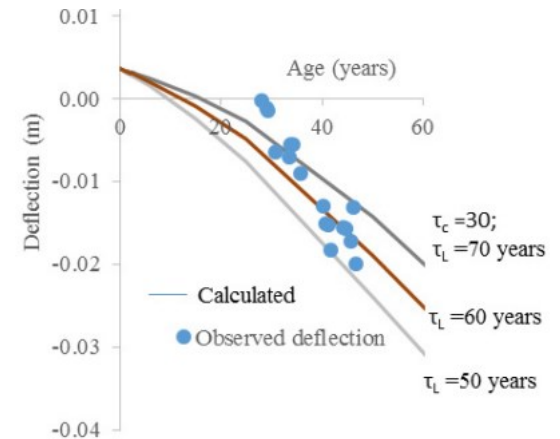
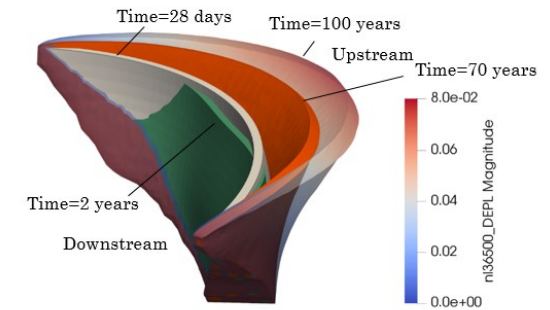
$$\tau_L(\theta) = \tau_L(\theta_o) e^{\left(U_L \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{\theta_o} \right) \right)}$$

Ulmらの活性化エネルギー
に基づいたASR反応速度
モデル

アーチ部の時間 依存変形

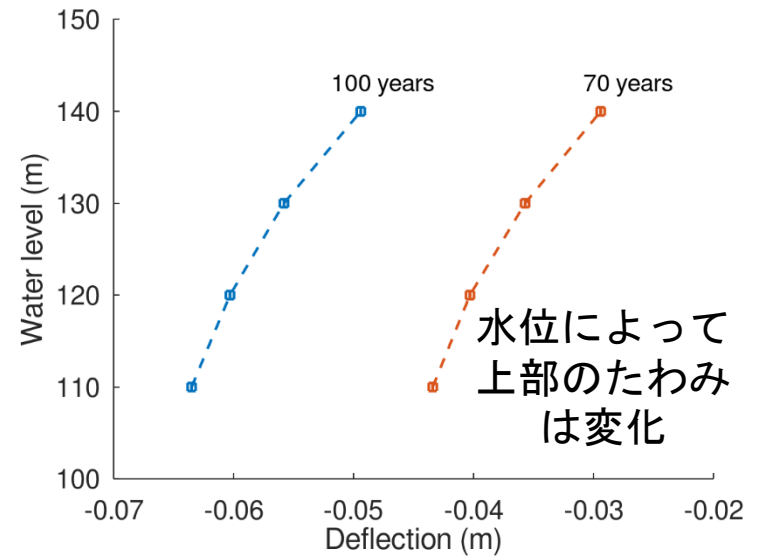
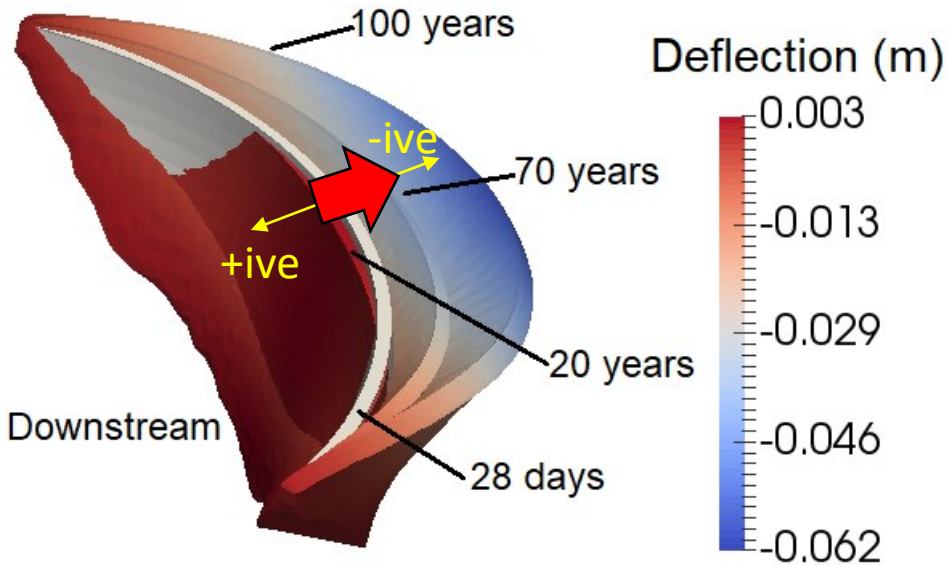
$$\epsilon(t) = \epsilon(\infty) * \xi(t)$$

コアの促進試験
により決定



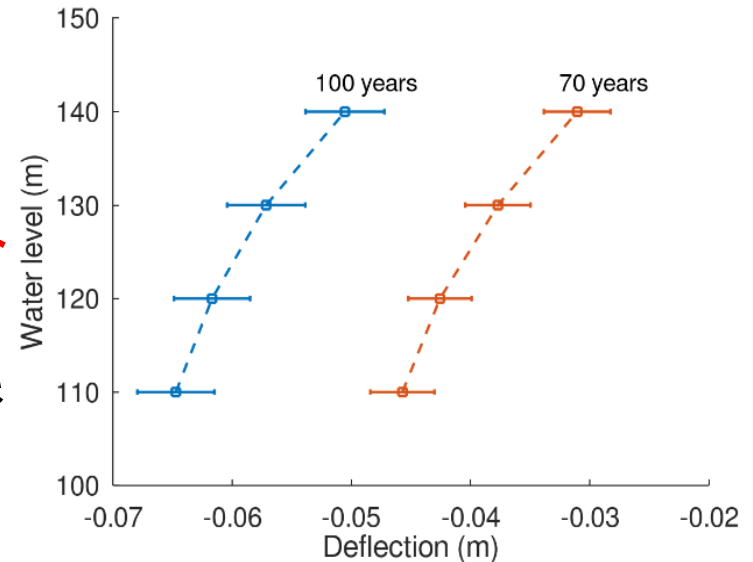
100年後までアーチ部の
たわみ変形を予測

解析結果



一意的検討

$$\dot{\xi}(t) = \frac{e^{\frac{t}{\tau_c}} (e^{\frac{\tau_l}{\tau_c}} + 1)}{\tau_c \left(e^{\frac{t}{\tau_c}} + e^{\frac{\tau_l}{\tau_c}} \right)^2} \quad \epsilon(t) = \epsilon(\infty) * \xi(t)$$



確率的検討

不確定要素である最大ひずみ $\epsilon(\infty)$ と ASR 速度パラメータ (τ_c 及び τ_L) をモンテカルロ法でばらつかせた確率的検討も実施

Scientific Paper

Time-Dependent Deformation of a Concrete Arch Dam in Thailand - Numerical Study on Effect of Alkali Silica Reaction on Deflection of Arch

Nirmal R. Joshi^{1*}, Thanadet Sriprasong², Shingo Asamoto³ and Pakawat Sancharoen⁴

Received 11 November 2020, accepted 22 February 2021

doi:10.3151/jact.19.181

Abstract

A detailed inspection of a dam in Thailand is reported for its time-dependent gradual expansion towards upstream, contrary to the expected downstream creep deflection owing to hydrostatic loads. In this study, based on petrographic analysis and SEM, a sample of cored concrete from the dam was found to undergo a low to moderate level of ASR. The potential for future expansion was verified using an accelerated laboratory test. The experimental data were used to evaluate the dam performance by conducting an FEM analysis. The numerical model was calibrated with the observed deflection, and the mechanical stresses owing to the combined ASR and hydrostatic loads were estimated for various ages of the dam. In addition, stress and deflection were predicted using probabilistic methods. A sensitivity analysis was also performed to monitor the behaviour of the dam under various environmental conditions and input parameters. It was found that the gradual deterioration by ASR does not pose a high risk to the dam under normal loading conditions.

国際誌 Journal of
Advanced Concrete
Technology に掲載

From: Robin Charlwood

Sent: Saturday, April 3, 2021 7:49 PM

Subject: Concrete Arch Dam with ASR in Thailand

Dear Drs Joshi, Srirasong, Asamoto and Sancharoen

I was very interested to read your recent paper in the Journal of Advanced Concrete Technology, March 2021 regarding the Thai arch dam with ASR.

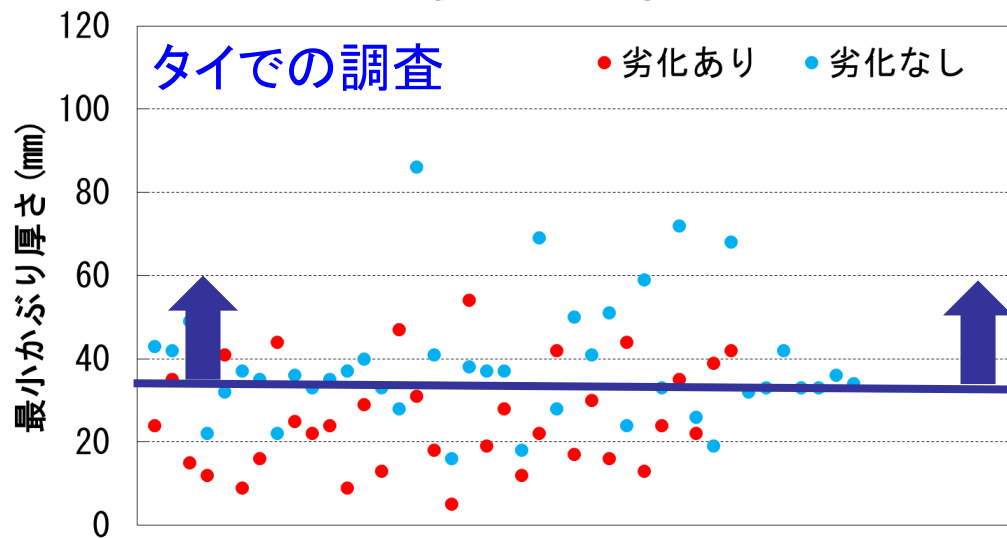
I have worked on ASR issues in dams since 1986 and presented a summary of experience in managing dams with ASR at the DSC meeting in France in 2017. I attach a copy of the paper which has a little more information than the ICE paper you reference. While I was Chairman of the ICOLD Committee on Concrete Dams we produced a Bulletin on the topic which may be helpful. Please see ICOLD Bulletin Preprint – 184 MANAGEMENT OF EXPANSIVE CHEMICAL REACTIONS IN CONCRETE DAMS & HYDROELECTRIC PROJECTS. See <https://www.icold-cigb.org/GB/publications/bulletins.asp>

International Commission on Large Dams
(ICOLD) の前会長 Robin Charlwood 博士
にも興味持って頂いた

タイ・ベトナムでのかぶり厚さと腐食劣化の関係(昨年度発表)

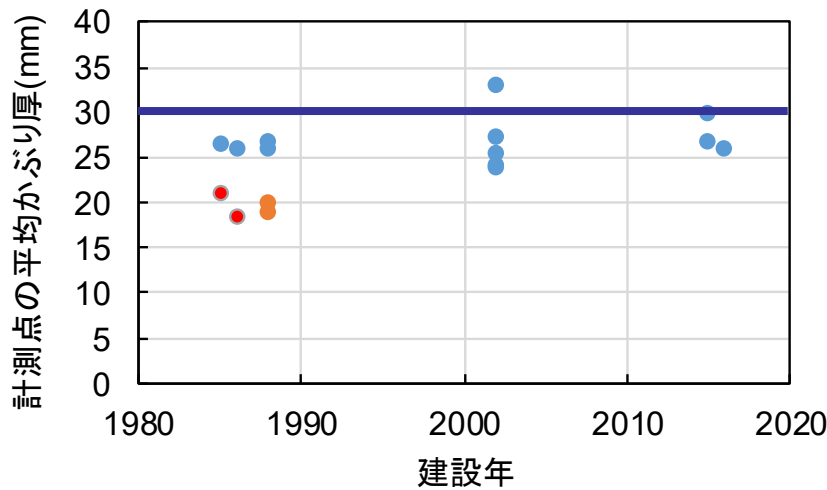
詳細点検20橋、308か所のかぶりを探査した結果

最小かぶり厚さ



構造形式や鉄筋位置関わらず
かぶり厚さが35mm以上であれば、
20橋中70%程度劣化していない

ベトナムでの調査

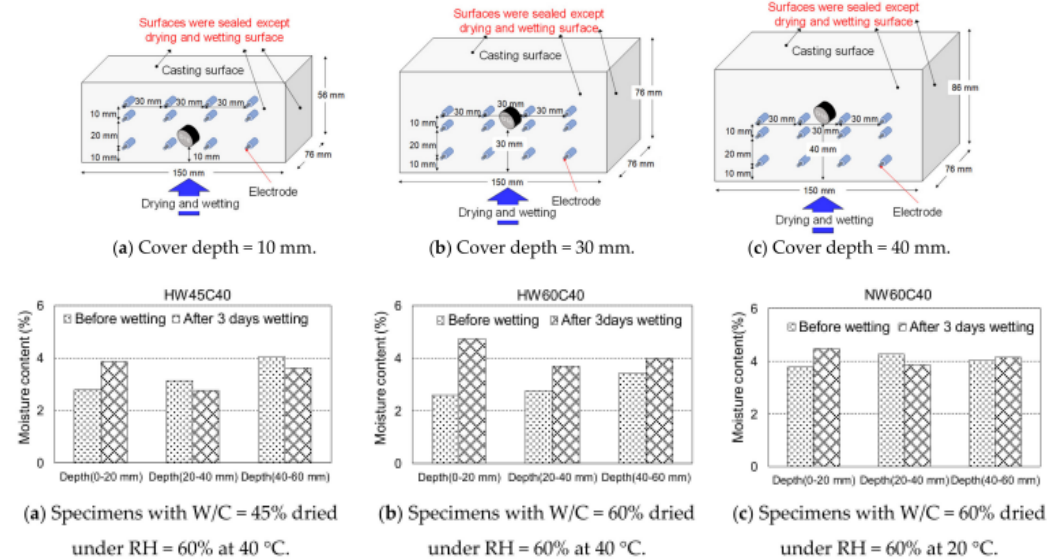
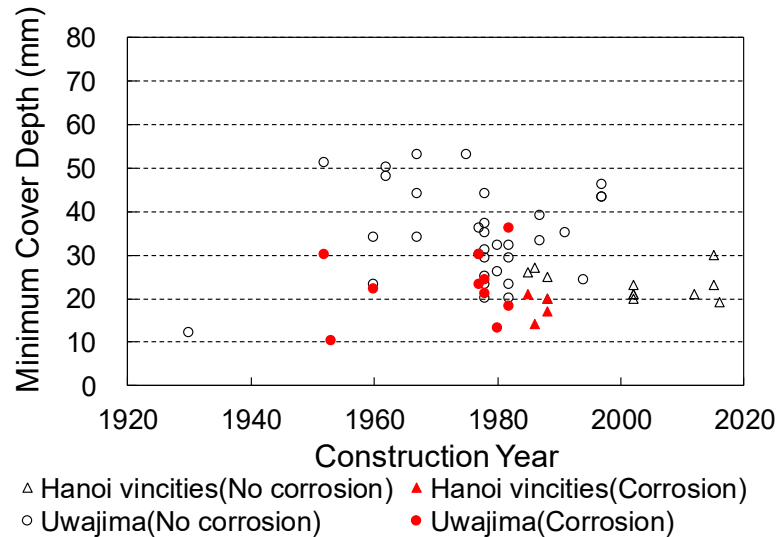


● 腐食無し ● 軽微な腐食ひび割れ ● 腐食による剥落

30年以上経過してもかぶり厚が
30mm近くあれば、腐食劣化が進
行していない傾向

追加のデータを2020年4-5月に計測
予定だったが、COVID-19で中止

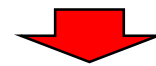
水分浸透に着目した橋梁調査劣化及び室内実験のまとめ



我々が実施した日本国内での橋梁調査とタイ、ベトナムでの調査比較、他の国内の橋梁調査データ、乾湿繰り返しの水分浸透実験及び数値解析をまとめた論文が、国際誌MDPI Materials(IF=3.623)に採択



フリーアクセスのジャーナルであるため、E-journalの少ない開発途上国でもアクセス可能



Article
The Cover Depth Effect on Corrosion-Induced Deterioration of Reinforced Concrete Focusing on Water Penetration: Field Survey and Laboratory Study

Shingo Asamoto ^{1,*}, Junya Sato ², Shinichiro Okazaki ³, Pang-jo Chun ⁴, Raktipong Sahamitmongkol ⁵ and Giang Hoang Nguyen ⁶

日本の先端設計コンセプト(鉄筋腐食の照査における**水分浸透の重要性**)を知ってもらう

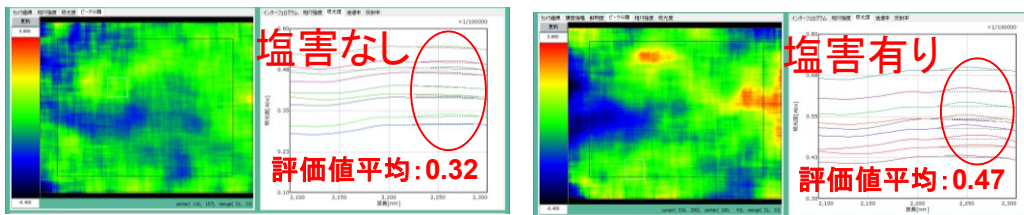
水分浸透に着目した橋梁調査劣化及び室内実験のまとめ

タイの共同研究者が行っている現地調査

- 腐食は、基本的に水分供給+かぶりが薄い箇所で発生
- かぶりが薄い(5-10 mm)場合に、炭酸化とともに腐食を確認
- 海岸から20km以上あっても、地下水などから塩分を吸い上げることがある



表面塩分，水分については，計測のばらつきが多い
近赤外線分光法を用いた塩化物イオン濃度分
布計測技術の適用(連携者香川大岡崎准教授)



表面水分も同時
計測可能！

タイで実績を積んで，シンガポールやベトナム
でも計測交渉

今後の連携計画

タイ

- 今年度末渡航が可能になれば、
近赤外線分光法を用いた現地計測
- ASR劣化した構造物の構造性能分析



現地のこれまでの非破壊
試験orコア分析との比較

ベトナム

- 古くて劣化していない構造物を中心に現地学生によるかぶり計測
(依頼済み)
- 今年度末渡航が可能になれば、ASR劣化に関する調査

シンガポール

- 今年度末渡航が可能になれば、現地での計測を実施を交渉
- 高温作用を受けたスラグコンクリートの収縮特性についての知見があるため、
論文化し、共同研究を打診
- 2020年度に中止となったマスコンクリートのひび割れに関するセミナー
(JCIの委員会と再度の共催を検討)

渡航が次年度も不可能な場合、国内での実験や解析の
結果を情報共有して、共同研究テーマを広げる