

# 社会基盤ストック の減災力と持久力

社会資本の常時と非常時のマネジメント

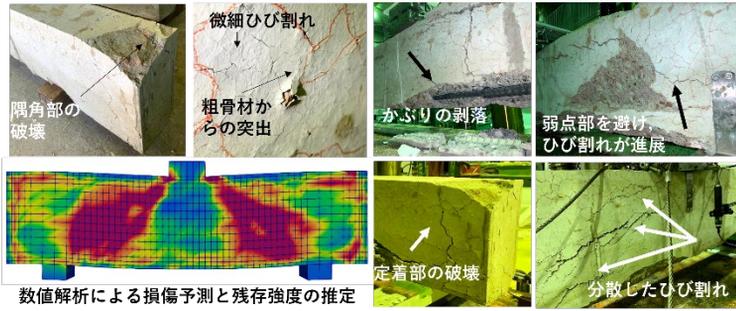


横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 教授  
前川 宏一

写真（上）：百歳超の小樽港防波堤  
写真（下）：世界最大級の扇島LNG地下タンク

# 非常時に都市を守る

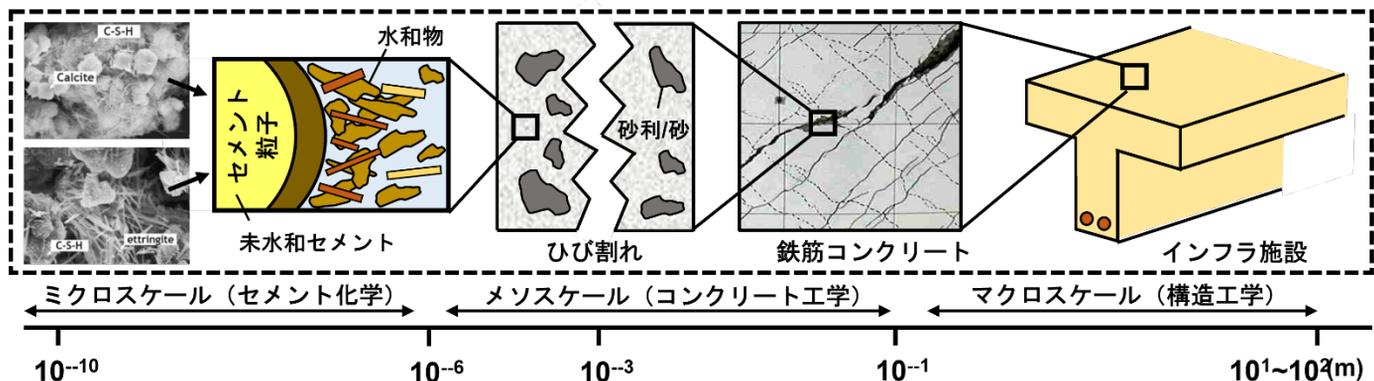
文明を支える水道や交通網といった基盤ストックには、まれに起こる自然災害に対しても、命と財産を守ることが求められます。同時に、非常時を耐え抜いた直後から、都市の復旧を支えることも重要な役割です。複雑な地震動に応答するコンクリート構造の振る舞いと損傷の予測や、千度を超える火災に曝された構造物の残存性能の評価から、耐震耐火性を兼ね備えたインフラの設計と建設技術の研究を進めています。火災後にコンクリートが空気中の水蒸気と二酸化炭素を吸い込んで、自らの体を自己修復して、被災前よりも、しなやかに耐震性能が向上する場合もあることが分かってきました。たとえ傷ついても、次世代の礎になり得るのです。



写真：上) 高温加熱時の構造部材の損傷と鎮火後の応答を数値計算で評価 右下) 火災事故後の橋梁の様子 左下) 計算モデル検証用の構造実験

# 平時に都市機能を維持

日本の都市内高速道路は最も酷使され続けてきたインフラといえます。当初の予定を遙かに超えた荷重の下、半世紀を耐え抜いてきましたが、もう限界。余寿命を的確に予測して手を打たねば、安全は確保されず、安定した社会の存続を脅かしかねません。インフラも酷使されれば疲労します。私たちの研究グループでは、コンクリート構造物の余寿命を非破壊検査やモニタリングのデータなどから数値予測する方法を開発、公開しています。ポイントは水。滞水は鋼材の腐食のみならず、車両の荷重を直接に受ける橋梁床版の寿命を百倍以上にも短くします。大きな施設の健康状態も、それを構成している素材中のナノサイズの空隙に展開する物理化学事象とも深く繋がっているのです。この関係が分かってきたので、これを逆手にとって疲れ知らずの都市インフラの設計が可能となってきました。これらの知識は洋上風力発電施設の建造にも応用できると期待しています。



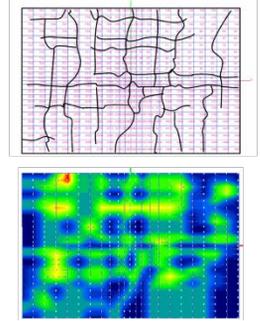
図解説：セメント硬化体中のナノ空隙構造モデル、ひび割れ中の物質移動、鉄筋とコンクリートの複合モデル



次の百年も期待

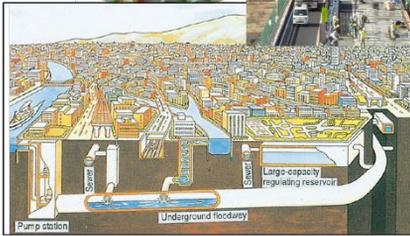


UAV、打診、電磁波などで健康診断



傷みや水があれば、それをデジタル化

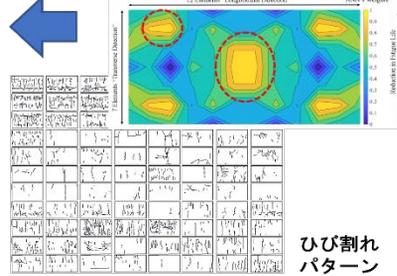
必要に応じて修復更新



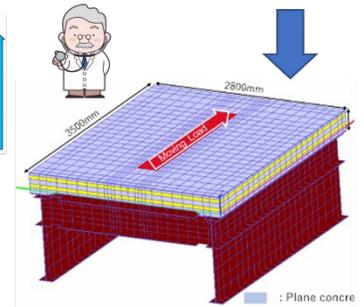
未来都市へ向けて



危ないひび割れの位置



ひび割れパターン



過去の損傷の経験もAIで学習

仮想空間に再現し、未来予測

## デジタル空間にインフラを仮想建設して健康寿命を推定

コンクリート構造は、太古の海に生きていた生物の骨格（石灰岩）と地殻を形成する岩石を融合して生まれたセメント系複合体と鋼材で構成されます。構造物は自然と都市環境のもとで少しずつ歳を重ねます。ときには地震や火災で傷を受けることもあります。地下空間や交通網は巨大なゆえに、人間ドックのような検査で健康寿命を推定するのは困難です。私たちの研究室では、限られたデータも最大限利用して、コンピュータ中に既存のインフラを仮想に構築し（アバター）、基礎体力そして余寿命の予測にも取り組んでいます。高齢なのにガンガンに健康なインフラも結構、横浜にはあります。若いわりに体力が衰え、未来の地震に耐えられそうもないものもあります。世界の首都圏も新陳代謝して数百～千年の命をつないできました。これらの診断から必要な手を打ってインフラの再生を図り、次の世代に引き継ぎたい。これが私たちの研究の目的です。

この研究に取り組んでいるのは

前川宏一(まえかわ こういち)

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 教授

東京大学工学系研究科修士課程修了。工学博士。

長岡技術科学大学、アジア工科大学院、東京大学工学部、工学系研究科を経て現職。専門は、コンクリート工学、土木工学、耐震、維持管理学。多摩川の左岸を徒歩とジョギングするのが楽しみです。



## 本棚 参考図書のご紹介

### 高校生向け書籍

「まんがでわかるコンクリート」石田哲也著 オーム社

「砂と人類: いかにして砂が文明を変容させたか」 Vince Beiser (原著),  
ヴィンス バイザー (著), 藤崎 百合 (翻訳) 草思社

「NASAを築いた人と技術ー巨大システム開発の技術文化」佐藤 靖著、  
東京大学出版会

「すべての道はローマに通ず」ローマ人の物語X 塩野七生著 新潮社

### より詳しく知りたい人は (専門向け)

「インフラストラクチャー概論」中村 英夫 編著 日経BP社

「橋梁マネジメントー技術・経済・政策・現場の統合」

B.ヤネフ著/藤野陽三ほか訳

「巨大構造物ヘルスマニタリングー劣化のメカニズムから監視技術と  
その実際まで 藤野陽三ほか著 エヌティエス

「コンクリート構造の限界状態設計法」岡村 甫著 共立出版

### 最近の論文

Keitai Iwama, Kazuaki Higuchi, Koichi Maekawa (2020). Thermo-Mechanistic Multi-Scale Modeling of Structural Concrete at High Temperature, Journal of Advanced Concrete Technology, 18(5), 272-293

Yamanoi, Y. and Maekawa, K. (2020). Shear Bifurcation and Gravelization of Low-Strength Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology, 18(12), 767-777.

Zhao Wang, Koichi Maekawa, Hiroki Takeda, Fuyuan Gong (2021). Numerical simulation and experiment on the coupled effects of macro-cell corrosion and multi-ion equilibrium with pseudo structural concrete, Cement and Concrete Composites, Vol.123