

京都大学インフラ先端技術 共同研究講座の取り組み

京都大学 特定教授

特定准教授

特定准教授

しおたに
に し だ
塩谷

西田

あさうえ

麻植

とも き
智基

たかひろ
孝弘

ひさふみ

久史

1. はじめに

我々の生活を支えるインフラ構造物の維持管理は、国内外を問わず、社会全体の喫緊の関心事となっている。特に、対象となる構造物が巨大であること、使用制限となった場合に社会生活や経済に大きな影響を及ぼすことから、インフラ構造物の再構築は難しいことが認識されつつある。したがって、現存する構造物の安全性を確保しつつ長く供用する方法が求められている。そのためには、これまでの事後保全的なアプローチではなく、変状が外部に顕在化する前に対応する予防保全的なアプローチが重要となる。しかしながら、実際には顕在化する前に変状を特定することは容易ではなく、さらに、対策の要否判定や具体的な対策方法を選定するには、現状の技術の革新的高度化が必須となる。このような状況の中、本講座では、非破壊技術を中心とした構造物の損傷度評価に関わる研究および全体システムの構築を行っている。

2. 共同研究講座の概要

可視化できない土木構造物内部の劣化を調査・

診断できる先端技術を研究開発する場として共通の問題を有する西日本高速道路、阪神高速道路および、両者のエンジニアリング会社を中心となり、宮川豊章京都大学名誉教授および筆者の一人である塩谷が主導の下、「インフラ先端技術共同研究講座」が設立された。

本講座の構成員を表―1に示す。本講座の特長

表―1 京都大学インフラ先端技術
共同研究講座構成員

京都大学	特任教授 特定教授 特定准教授 特定准教授 特定助教 特定研究員 研究員 特任准教授	宮川 豊章 塩谷 智基 西田 孝弘 麻植 久史 張 凱 淳 中山 宏 高西 昇二 小林 義和 [日本大学]
西日本高速道路		福永 靖雄 大城 社司 松井 隆行 梶木 正喜 大原 基憲 藤原 優
阪神高速道路		鈴木 威 小坂 崇 ハッ元 仁
西日本高速道路 エンジニアリング関西		縦山 好幸 木虎 久人
阪神高速技術センター		濱田 信彦 谷口 信彦 大石 秀雄
東海技術センター CORE技術研究所 新潟大学 徳島大学 東芝		奥出 信博 小堀 紀彦 鈴木 哲也 渡辺 健 笠原 章裕 渡部 一雄 千星 淳 熊倉 信行 池田 賢弘 内藤 公喜 志波 光晴 黒田 清一郎 高井 伸一郎
物質・材料研究機構 (NIMS) 農村工学研究所 村本建設 (Republic of Nepal)		Surendra B. TAMRAKAR

としては、建設材料分野の専門家のみならず、物理探査、振動、地盤等の種々の研究分野から集積した専門家が、コンクリート構造物の革新的維持管理技術の開発と社会実装という検討課題に対して取り組んでいる点である。また、国内外の研究機関を含め、電機メーカー、建設会社、建設コンサルタント、計測会社、他大学の研究者の方を招聘研究員として招き入れ、成果報告や研究戦略に関わるブレインストーミング（分科会）等を通じて幅広い検討を実施している点も大きな強みとなっている。さらには、同じ課題に挑む海外研究機関との研究交流も精力的に図っている。例えば、台湾中興大学、デルフト工科大学、ブリュッセル自由大学、ミュンヘン工科大学、エンジンバラ大学、ケンブリッジ大学、グラナダ大学、ETH、EPFL、UCLA、メンフィス大学、ミネソタ大学、マラヤ大学、トリアッティ大学（ロシア）、ドイツ連邦材料試験研究所（BAM）などと研究交流を図り、一部の機関とは既に共同研究を実施するまでに至っている。

本講座で研究対象としている事象は、大別すると道路床版の疲労劣化評価、PC構造物のグラウト不良および、鋼材破断検知、炭素繊維材料の劣化評価、高付加価値FRP材料の開発、地盤・岩盤

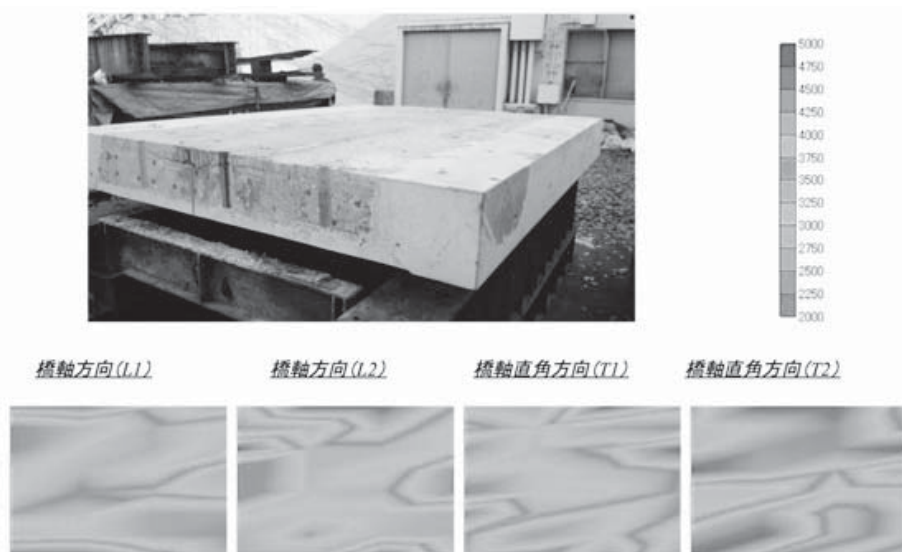
斜面の安定性評価など多岐にわたり、これらに電気、電磁、音響、超音波、光などを利用したセンシング技術と、可視化技術、画像処理、トモグラフィなどの解析評価技術、ならびにセンシングデバイスそのものやエネルギーハーベスティング（環境発電技術）などの革新的ツール技術を応用した研究を実施している。

3. 個別研究内容の紹介

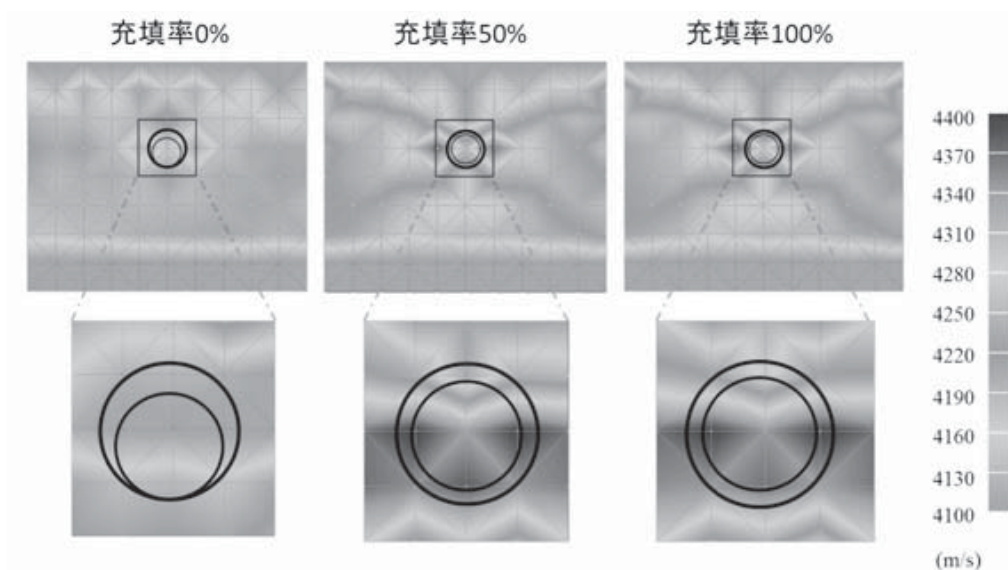
本講座で実施している研究は、前述のように多岐にわたり、大小あわせて40程度の研究プロジェクトが動いている。ここではその中のいくつかの研究成果について紹介する。

(1) 道路橋床版疲労／損傷の評価

道路橋床版の疲労損傷について、劣化メカニズムを解明するとともに各劣化フェーズで有効なセンシング方法を研究開発している。具体的には、疲労損傷を実験的に再現した床版への先端非破壊計測手法の適用（図一1）、既に床版下面を接着補強した補強板（鋼、炭素繊維）の剥離評価、アスファルトと床版コンクリートの界面劣化の新たな



図一1 実橋より切り出した床版の弾性波速度分布



図ー２ プラスチック製シースでの弾性波速度分布

な診断・評価方法の開発などを行っている。

(2) PCグラウトの充填性状評価

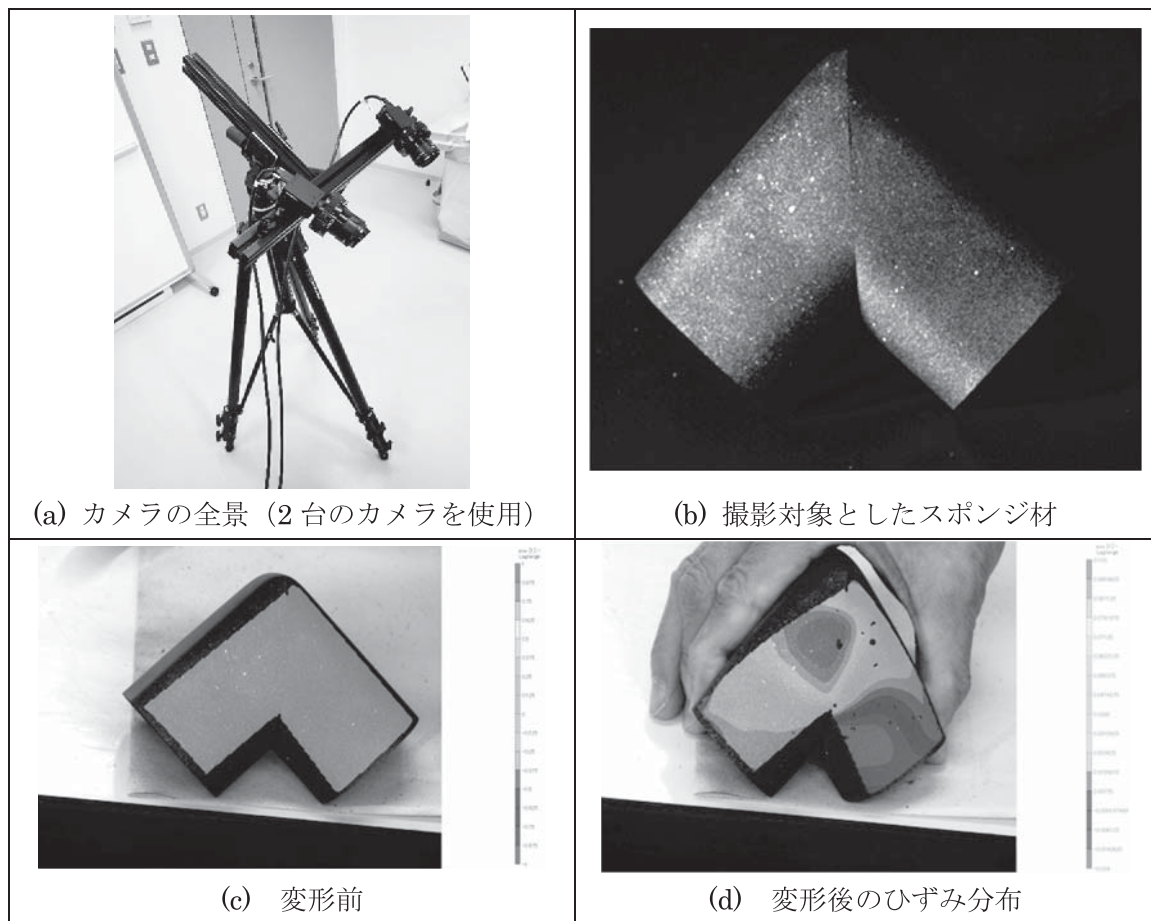
PC構造物の事故の原因としてグラウト充填不足によるPC鋼材の腐食や破断が挙げられている。本研究プロジェクトでは、弾性波トモグラフィ法により、グラウトの充填性状を評価することを継続的に試みている（図ー２）。

(3) 先端非破壊計測手法と劣化指標の構築

AE技術の革新的技術発展として、既存欠陥（クラックや損傷など）から生じる「二次AEアクティビティ」に着目し、トモグラフィ技術を援用することで、新たなAE震源特定と速度構造分布の再構築による損傷（劣化）領域の可視化手法「AEトモグラフィ」を発案、3次元まで拡張し、バルクインフラの健全性評価に役立てようと研究している（図ー３）。AEトモグラフィは、速度異方性パラメータの導入も理論的に可能で、現在航空機などの先端複合材料への導入も期待されている。



図ー３ 凝灰岩の三軸試験で得られたAE源と最終ステップで得られた一部のAE源のみでAEトモグラフィ解析した速度分布



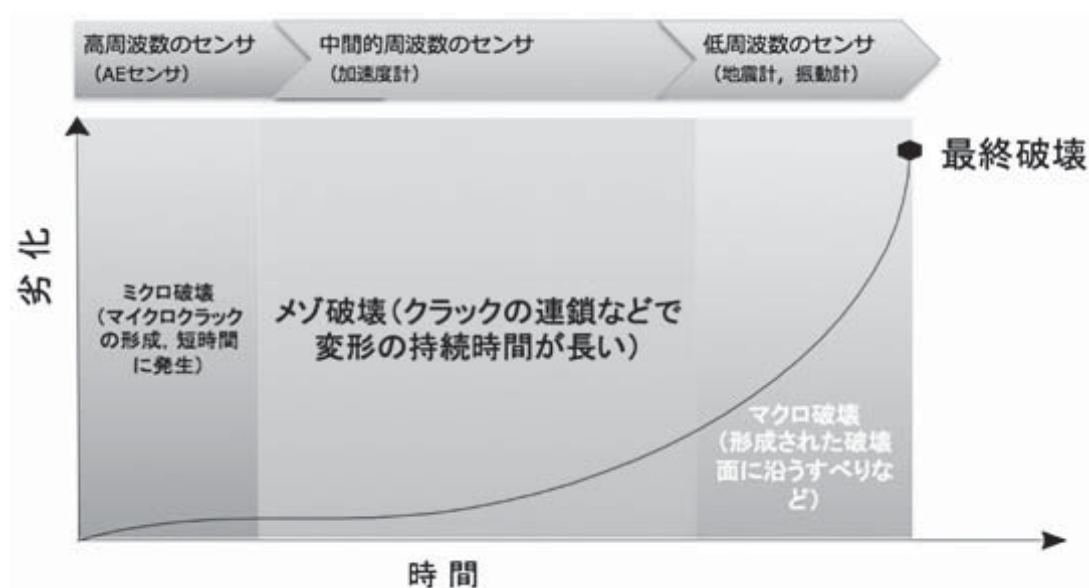
図—4 デジタルコリレーションシステムによる3次元ひずみ分布計測例

(4) デジタルコリレーションシステムによる3次元変形およびひずみ計測

材料にひび割れ等の損傷が生じる場合、3次元的な変形が生じる。このような変形やひずみの分布を的確に捉えるため、本講座ではデジタルコリレーションシステム（図—4）を導入している。本システムでは、2台のカメラで対象物の写真をそれぞれ撮影し、対象物中の着目点の移動を追跡することにより、面外方向の変形も含めた3次元変形およびひずみ分布の計測が可能となる。現在はデジタルコリレーションシステムを用いることにより、載荷試験時の空間的な変形・ひずみを捉えると同時に、AE計測などとの相互比較を実施している。また、将来的には、コンクリート中に生じる材料的な局所的なひずみの評価にも応用する予定である。

(5) 革新的センサの開発

破壊のマルチスケール性に立脚した非破壊手法のうち、振動に着目すれば微視的な破壊は極めて短時間に生じるため、周波数領域ではM（メガ）Hz以上の振動に有効なセンサで捉えなければならない。一方、終局的な破壊に着目する場合、その現象はゆっくりと生じることから数十Hzの振動に有効なセンサで十分捉えることができる。このように一つのセンサで全てのフェーズに対応することはできず、着目すべき破壊現象に見合う周波数が検知できるセンサが、それぞれで必要であった（図—5）。本講座ではこれらの周波数を全て網羅可能な画期的な「ピエゾ抵抗型カンチレバーセンサ」を他のアカデミア、大手電機メーカーと協力して研究開発し、実際の大型土木構造物の適用を前提にMEMS化（無線、無電源供給）す



図一五 劣化フェーズ（破壊規模）に対応したセンシング概念

ることで、インフラのローカル～グローバル診断を連続して実施しようとしている。

また、FBG光ファイバーをAE計測にまで拡張し、より簡易で広範囲にわたるセンシングが可能なセンサの開発およびそれを取り入れたセンシングシステムの構築を検討している。

4. おわりに

本稿では、京都大学インフラ先端技術共同研究

講座の活動の概略を紹介した。その他詳細は、以下のFacebookページにアクセスいただくか、直接ご連絡いただければ幸いである。最後に、本講座の運営に携わっていただいている多くの方々に感謝の意を表して本稿の結びとしたい。

https://www.facebook.com/ITILKYOTO?ref=aymt_homepage_panel

