レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート構造物の健全性評価技術
（1）コンクリートの欠陥検出

西日本旅客鉄道（株）学生会員　○御崎　哲一，　正会員　瀧浪　秀元，　正会員　髙橋　康将
京都大学　正会員　朝倉　俊弘
（公財）レーザー技術総合研究所　正会員　島田　義則，　ｵﾚｸﾞ　ｺﾁｬｴﾌ
（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　篠田　昌弘
（株）ユニロック　江本　茂夫

１．はじめに

トンネル覆工コンクリートからの剥落を防止することは，鉄道の安全確保において重要であり，適切な検査･管理手法が求められている．トンネル覆工コンクリートの検査手法であるハンマーを用いた打音検査は，検査者の経験により精度が左右され，また高所作業のため，作業の安全性が劣る等の問題がある．その改善を目指しレーザーリモートセンシング技術を用い遠隔・非接触で，トンネル覆工コンクリート剥離検知手法の開発[1)]（**図１**）を実施している．

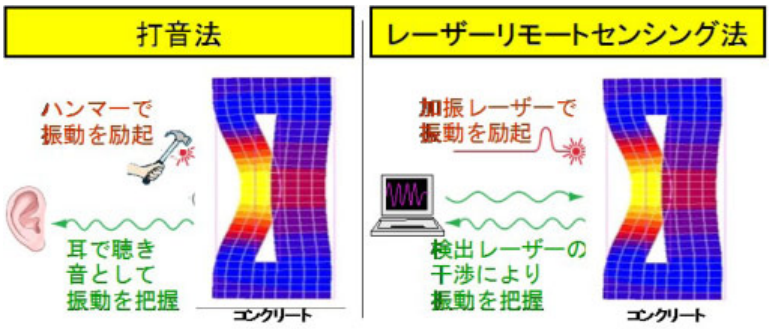

図１　レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート剥離検知装置の概要

この方法は，遠隔かつ非接触で対象物の検査が行えるため，他の方式に比べて，探傷を高速に出来る可能性があることや，コンクリート曲面の計測が容易に行えることが利点である．

今回はレーザー探傷装置を新幹線トンネル内で使用して覆工コンクリートの欠陥を探傷した実験結果について述べる．

合わせて，取得データを考察し，欠陥検出アルゴリズムを検討し，提案することとする．

２．新幹線トンネル覆工のコンクリート欠陥探傷実験

図２にレーザーによる欠陥探傷と打音検査による状況を示す．レーザーは上下左右に走査して，各点での振動スペクトルと卓越振動数の強度を計測し，打音は加速度計で計測するとともに，人間による判定を行った．以下にその結果を示す．

（1）**図２**に新幹線トンネル覆工のコンクリート表面とレーザー探傷箇所を示す．振動する強度が小さい順から○，△，および□とした．○は健全，△は軽音，□は変状とみられる異音相当である．覆工のチョーキング箇所が人間の打音検査記録である．レーザー探傷結果は，大雑把に領域を描いている人間の判定箇所とほぼ同じ箇所を示した．

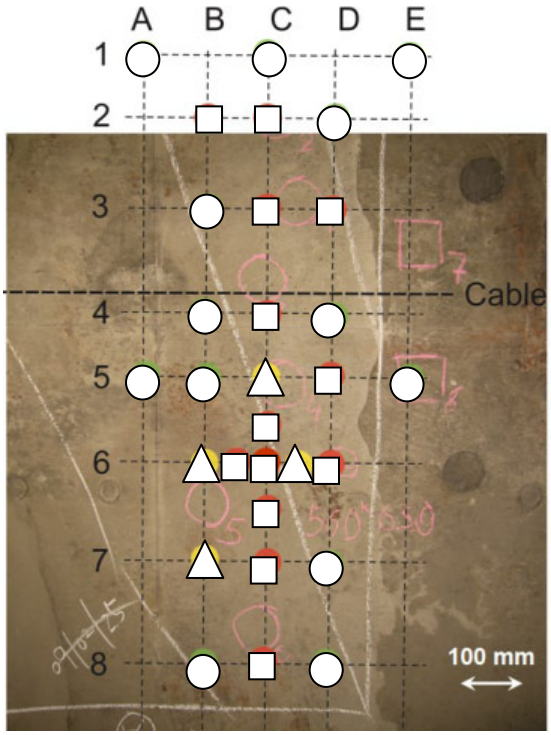

図２　レーザー探傷装置による
コンクリート浮き具合の測定結果

（2）目視では判断つかないが打音検査を行うと濁音がすることで内部が剥離していることがわかる．レーザー探傷試験結果から，打音と同様変状状態を把握することが可能であることを示した．

キーワード　レーザー，リモートセンシング，コンクリート欠陥，打音検査，スペクトル，除振台
連絡先　〒530-8341　大阪市北区芝田 2-4-24　西日本旅客鉄道㈱　鉄道本部技術部　TEL 06-6376-8136

３．取得データの考察

図３は新幹線トンネル覆工アーチ部の，修復材がひび割れている領域で，判定ランクβとされた箇所である．

図４は，縦軸に最大振幅を１とした振幅比，横軸に周波数として，レーザー法（黒線）と打音検査法（灰線）で計測した結果である．実際の試験ではレーザーと打音の検査点を完全には一致させられないため，スペクトルや周波数ピークに差異がある．一方で，このグラフに示されている通り，数百 Hz 付近の周波数の極値が互いに近い値を示していることから，レーザー法と打音検査法にはある程度の相関があると判断している．

また，レーザー法は打音法と比較し，S/N 比が小さいことも分かる．これはレーザーによる加振力がハンマーによるものより小さいためである．今後は環境状況のノイズレベルを確認し，より良い条件のデータ取得を検討する必要がある．

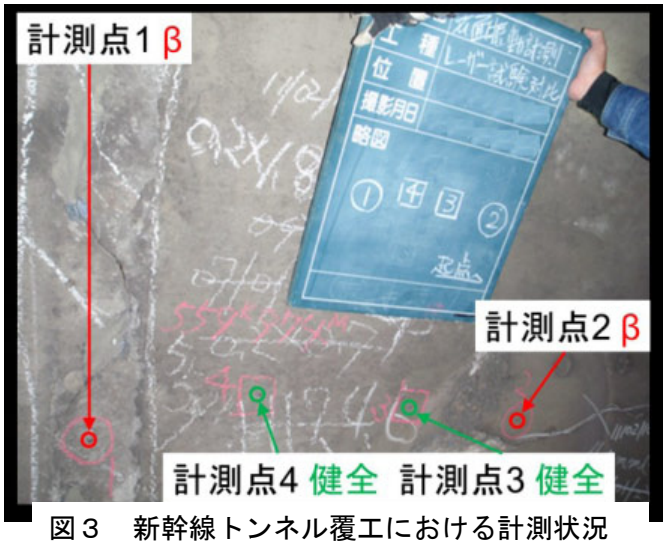

図３　新幹線トンネル覆工における計測状況
（修復材がひび割れている領域）

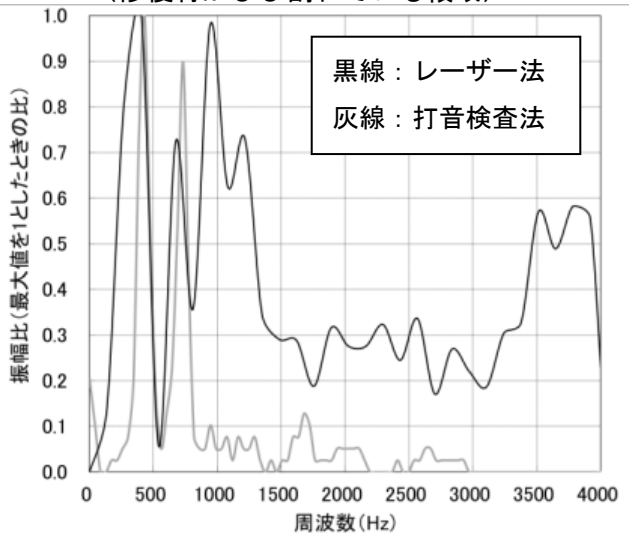

図４　計測点１におけるレーザーと打音のスペクトル

４．欠陥検出アルゴリズムの提案

３章に記載したとおり，レーザー法と打音検査法のスペクトルが完全に一致することはなく，同一箇所で全く同じ計測条件であっても取得データが異なることが分かってきた．しかしながら，そのような状況であっても，人間は音として耳で聴き，判定することが可能である．そこでスペクトルの周波数ピークのみに着眼した判断方法ではなく，人間が「音」と感じる，スペクトル全体を用いた欠陥アルゴリズムを検討した．その結果，コンクリート表面振動の応答スペクトルにおいて，ある閾値を境にした面積比を用いたアルゴリズム（図５）を，式(1)に示すような指標として提案することとした．

$$R_S = A_1/(A_1 + A_2) \qquad (1)$$

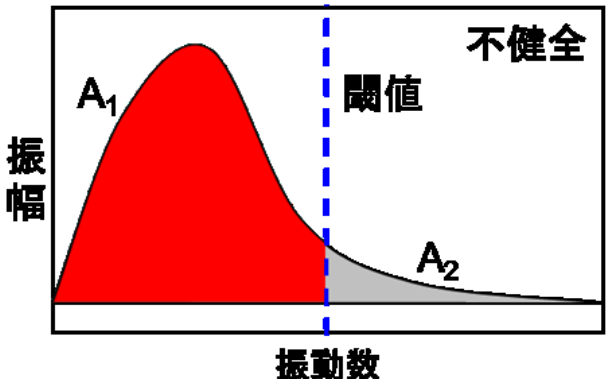

図５　スペクトル面積比法概念図

５．まとめ

（１）レーザーリモートセンシング装置を新幹線トンネル内に持ち込み，レーザーを２次元（x，y 軸）で走査させて欠陥の形状を得ることができた．

（２）レーザー法と打音法の比較を実施し，相関を認めた．

（３）スペクトルを用いた欠陥検出アルゴリズムを提案した．

レーザー探傷から得られるこれらの情報は，コンクリート劣化判断を行う有効な情報となると考える．

７．おわりに

レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート剥離検知を実現するためには，上記以外にも大きな技術的課題がある．今後，個々の技術を連携させ，課題を克服し実用化することにより，さらに安全・安心な鉄道を築きたいと考えている．

参考文献

1) レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート内部欠陥探傷　　平成 20 年 12 月　J-RAIL2008　　御崎 哲一 他