

レーザー超音波リモートセンシング装置を用いたコンクリート内部欠陥探傷

- (2) 欠陥検出の基本原理と基礎試験 -

西日本旅客鉄道(株)	正会員	藤原 申次
(財)レーザー技術総合研究所	正会員	島田 義則
(財)レーザー技術総合研究所		Oleg Kotiaev
東京工業大学		内田 成明
(財)鉄道技術総合研究所	正会員	羽矢 洋

1. はじめに

コンクリート構造物において、その剥落を防止することは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。構造物の検査として従来より実施している、ハンマーを用いた打音検査手法は、精度が作業員の経験に左右され、また高所作業を伴うため作業安全性が劣る等の問題がある。その改善を目指し、各種の非破壊検査手法の適用・開発について実施しているところである。本稿では、レーザー超音波技術を用い、遠隔・非接触でトンネル覆工コンクリートの剥離検知を行うことについて、その適用可能性に関する基礎的試験を実施したので、以下報告する。

2. コンクリートの欠陥検知を対象とした振動性状の定義

コンクリート表面を叩く(加振する)と、コンクリートに対して種々性状の振動が発生する。コンクリート内部に剥離欠陥がある場合は、図1に示すような2種類の振動が卓越するものと考えられ、欠陥の把握に有用な振動性状として着目した。この振動をそれぞれ「板振動」および「多重反射エコー」と呼ぶこととし、次のように定義した。

「板振動」: 加振により、欠陥表層部のコンクリートが板のモードとして面外方向に誘起される振動

「多重反射エコー」: 加振により、コンクリート表面から内部に向かって弾性波が伝達し、これが欠陥部で反射して再び表面に伝わり反射する。このように弾性波が欠陥部とコンクリート表面を往復することにより生じる振動

なお、この2つの振動性状を相対比較した場合、多重反射エコーは板振動に比べ、時間的減衰が大きい(早い)、卓越振動数が高い、振動振幅が小さいといった特徴がある。この性状の違いを勘案して検知試験を実施した。その内容については4章で述べる。

3. 欠陥検知に対するレーザー技術の適用

3.1 欠陥検知プロセス

コンクリート欠陥検知のプロセスは、大別すると コンクリート表面を加振し振動を発生させる 発生した振動情報(2章で説明した2つの振動)を検出する 検出した振動情報を解析し、欠陥情報として整理する の3段階に仕分けできると考えられる。このうち、 は欠陥モードと振動特性の関係について実験を重ねてデータベースを蓄積する必要がある、今後の研究成果に委ねられている。一方、 はレーザー技術の特性を生かし、その適用に向けた基礎的技術の検討事項として位置付け、現在取り組んでいる。本章ではこの加振および振動検出に関するレーザー技術の適用性について、その特性を踏まえながら説明する。

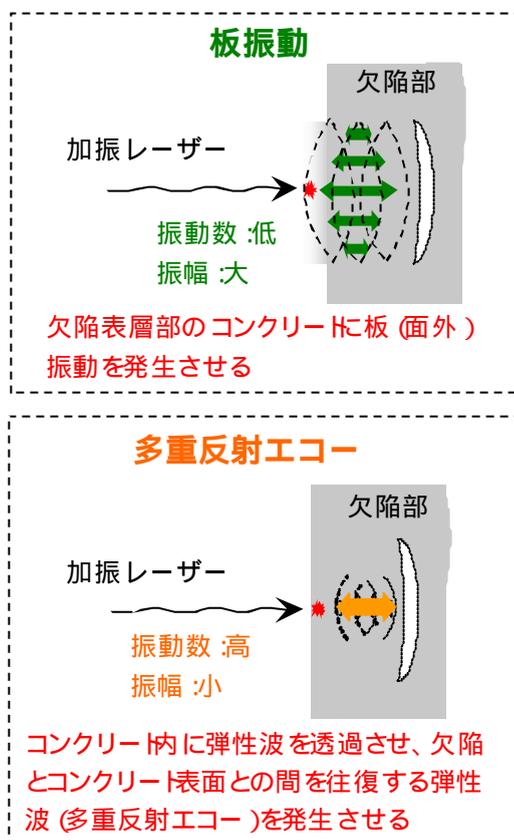


図1 欠陥コンクリート部に発生する振動性状

キーワード レーザー超音波, 非破壊検査, 多重反射エコー, コンクリート, トンネル

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道(株)鉄道本部技術部 TEL06-6376-8136

3.2 レーザー技術の適用

レーザーは指向性が非常に強い光であるため、発生源から照射対象物までの距離が大きくてもエネルギーがほとんど減衰しない利点がある。そのため、目標としている遠隔対象物に対する使用に適している。前項で記した について、それぞれ加振および振動検出への適用を目指して、照射時のエネルギーや発生形態の最適化を行った。

(1) 加振技術への適用

まずコンクリートを「叩く」ことが必要なことから、効果的に振動を与えるレーザーの最適なエネルギーおよびパルス幅(波長)について試験を行い、板振動および多重反射エコーの振動モードを卓越させるのに最適と思われる値を見出すことができた。

(2) 振動検出技術への適用

振動の検出には、加振レーザーの光軸と平行して、連続発振の検出用レーザーを別途コンクリート表面に照射することにより行う。その反射波は振動情報を有した波動となり、これを基本の波と干渉させることで干渉縞が現れ、これを読み取ることにより欠陥の振動情報を把握することが可能となる。なお詳細な説明は、この前の報告((1) 検出シグナル/ノイズ比の向上, 以下、前報告と称す)に譲ることとする。

4. 供試体による検証試験結果(多重反射エコーの検出)

板振動のモードはその特徴として、比較的大きな振幅と継続時間が得られるため、多重反射エコーに比べて検出は容易であると考えられた。そこでまず、板振動モードの検出の技術的可能性について取り組んだ。その結果、加振位置およびそのとき卓越する振動モードを観察することにより、欠陥部の範囲や深さの情報が得られることがわかった¹⁾。

一方、多重反射エコーは、コンクリート内を伝播する弾性波の速度がほぼ一定であることから、その発生メカニズムより、欠陥箇所での深さの把握が比較的容易かつ高精度が期待できる。しかし前述のとおり、コンクリート内での減衰が大きく、かつ振動強度も小さいので検出が困難であると思われた。そこで、検出感度向上(前報告)の取り組み検討実施後、内部剥離を模擬したコンクリート供試体による多重反射エコーの検知試験を実施した。用いた供試体形状を図2に示す。なお欠陥部の深さ30, 50mmの2通りで検証した。

検出レーザーで取得した多重反射エコーの振動スペクトルを図3に示す。これより深さ30mm, 50mmの場合でそれぞれ60kHz, 40kHz付近に卓越していることがわかった。また欠陥が深いほど振動数が低くなることが本試験結果からも確認でき、多重反射エコーの把握による欠陥検出適用技術の可能性を得ることができた。

5. おわりに

レーザー超音波技術を活用したコンクリート表層近傍の内部欠陥の検知技術について、今回は多重反射エコーの検知に関する基礎試験を行い、検知可能性について見出すことができた。今後は剥離以外の欠陥に対する検知性能等に関する検証を重ね、効果的な検知システムの構築を目指し取り組んでいく。

本研究の一部は、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の支援を受けて行った。

参考文献

- 1) 藤原申次, 鈴木喜也, 島田義則, Oleg Kotiaev: レーザー超音波技術を活用したコンクリート剥離検知手法の検討, 土木学会第61回年次学術講演会講演概要集, -142, pp.283-284, 2006

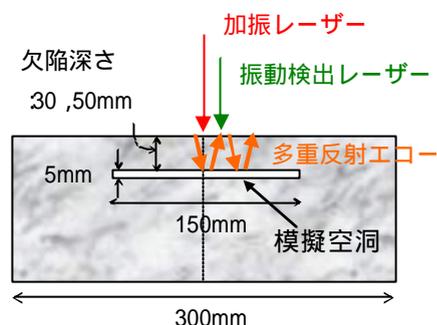


図2 剥離供試体とレーザー照射の概要

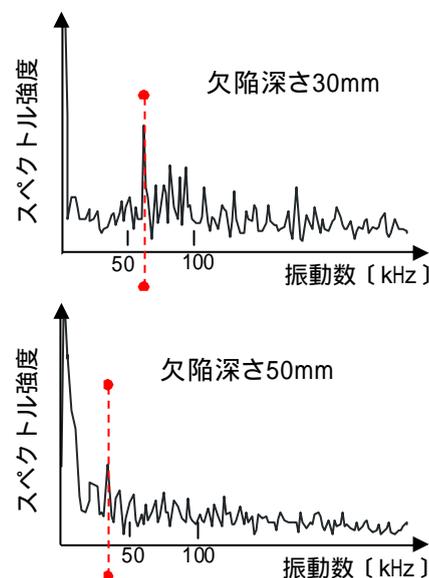


図3 多重反射エコーの振動スペクトル