

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

- (3) 大型供試体を用いた探傷実験

西日本旅客鉄道(株)	正会員	中川 晋一
西日本旅客鉄道(株)	正会員	坂本 保彦
(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		ルグ コチャ
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	羽矢 洋
東京工業大学		内田 成明

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は、検査者の経験により精度が左右され、また高所作業を伴う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剥離検知手法の開発を実施している。今回は、レーザー超音波技術を用い大型コンクリート供試体での欠陥検出試験を実施したので、以下報告する。

2. 欠陥検出方法

レーザー超音波を用いたコンクリート欠陥検出装置は、コンクリート表面を加振させる信号印加レーザーとコンクリート表面に発生した振動を検出する検出用レーザーの2本を使用している。信号印加用レーザー光をコンクリート表面に集光してアブレーションによる衝撃波をコンクリートに印加し、振動を発生させる。コンクリート表面が振動すると、検出器に入射する信号光と参照光との位相差が変化し光の強弱となってあらわれることを用いてコンクリート表面の振動を検出し、欠陥の有無を判断する。実験では、信号印加用レーザーとしてエネルギー0.4 J・パルス幅10 nsのNd:YAGレーザーを使用した。

3. レーザーインパクト法とハンマーリング法の欠陥検出比較

図-2に供試体(コンクリート大きさ300×300×100mm、欠陥大きさ150×150mm、欠陥深さ10mm)にレーザーインパクト法(レーザーによる加振)とハンマーリング法(鋼球による加振)を実施した場合の時間振動波形とスペクトル波形を示す。両者とも1次の固有振動数が2.1 kHzを示し、レーザーインパクト法は、現在実施している打音検査と同じ振動特性を示すことが確認できた。



写真-1 コンクリート欠陥検出装置

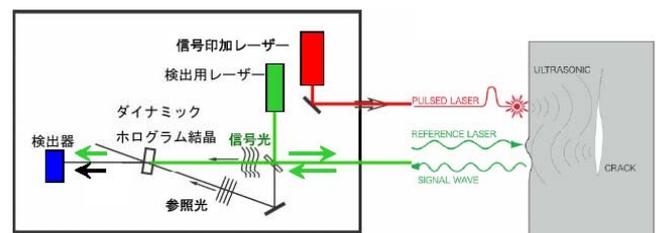


図-1 装置概要

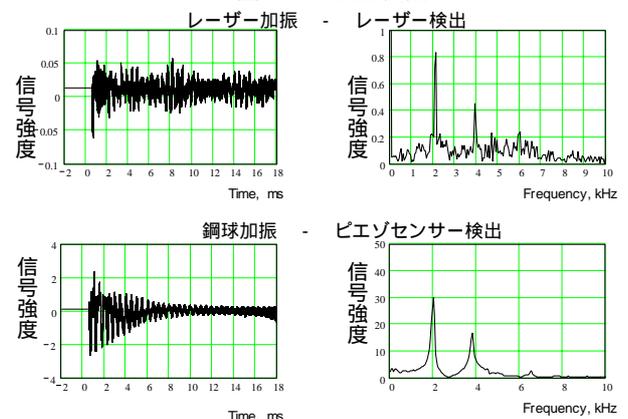


図-2 板振動法・ハンマーリング法による検出波形

キーワード レーザー超音波、非破壊検査、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

4. 大型供試体を用いた探傷実験

トンネル変状（コールドジョイント、ジャンカ、異音、クラック等）をモデル化した大型供試体（長さ 5.8m × 幅 0.5m × 高さ 1m）を用いて 5 m 遠方からコンクリートを加振し、欠陥検出実験を実施した。写真 2 に大型供試体、写真 3 に実験状況を示す。今回は、異音モデルでの実験結果について報告する。

異音モデルの実験結果

コンクリート表面から深さ 2 cm の位置に幅 25cm × 高さ 30cm の空洞を模擬した異音モデルを用いてコンクリート内部に発生した欠陥探傷を実施した。図 5 に健全部を探傷した時の波形と周波数スペクトル、欠陥部（欠陥中心、欠陥中心から右に 4cm）を探傷した時の波形と周波数スペクトルを示す。健全部では、周波数分解したデータに特徴的な周波数は存在しない。しかし、欠陥が存在するところでは 0.8、1.9、2.7 kHz の特徴的な周波数が現れる。他の箇所でも同じように振動スペクトルを計測し、これらを欠陥の位置に対してプロットしたものを図 3 に示す。欠陥自体の固有振動数 0.8 kHz は 1 次モード、1.9 kHz は 2 次モードと考えられる。2.7 kHz は 3 次モードであるが、-5 cm の位置で振動強度が上昇しておらず、3 次モードと断定できるデータとなっていないが、1 次・2 次モードの振動スペクトルの強度分布で欠陥の位置を正確に評価することが可能である。また、欠陥エッジと振動スペクトル法で強度が高くなる部分で欠陥の大きさを比較すると誤差は約 2 cm であった。



写真 - 2 大型供試体

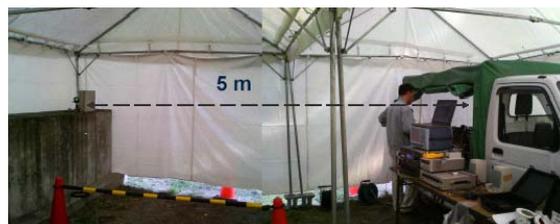


写真 - 3 大型供試体を用いた探傷実験状況

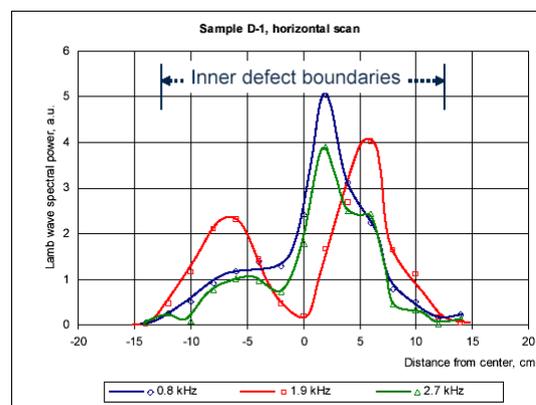


図 - 3 Lamb 周波数(0.8, 1.9, 2.7kHz)の位置に対する強度分布

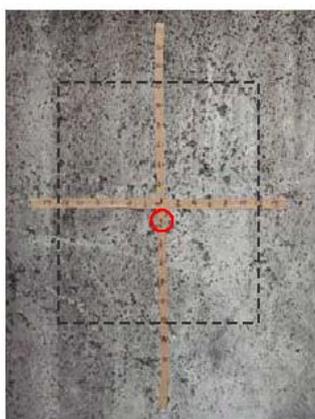


図 - 4 探傷位置

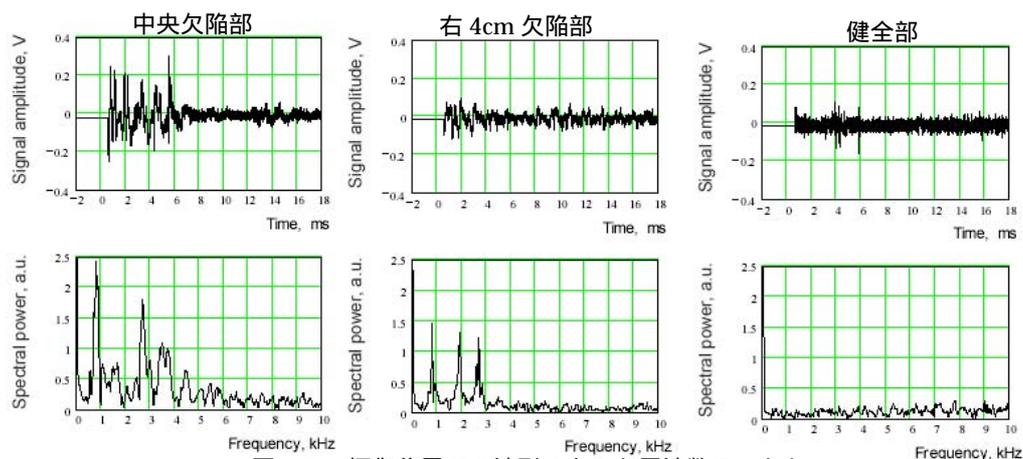


図 - 5 探傷位置での波形（上）と周波数スペクトル

5. おわりに

レーザー超音波技術を活用したトンネル覆工コンクリート表層近傍の内部欠陥について、5 m 遠方からの加振及び欠陥検出が可能であることが確認できた。今後は、欠陥検知に対する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【基礎研究制度】の支援を受けて行った。