

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

ー (1) 振動安定化装置を用いた検出シグナル／ノイズ比の向上 ー

レーザー技術総合研究所	正会員	○島田 義則
レーザー技術総合研究所	非会員	○レグ コチャエフ
東京工業大学	非会員	内田 成明
(財) 鉄道総合技術研究所	正会員	羽矢 洋
西日本旅客鉄道(株)	正会員	中川 晋一

1. はじめに

近年の鉄道トンネル覆工表面のコンクリート剥落事故対策などに見られるようにコンクリート構造物の安全性を網羅的、正確に把握し、適切な維持管理を行う必要性が高まっている。超音波を用いる非破壊検査技術は種々の材料に対して適用できるため、その内部欠陥や疲労状態を検出する方法と多くの手法が研究され、実用に供されている。その中でレーザー超音波法は超音波の励起と検出の両方をレーザー光を用いて行うものであり、非接触探傷、遠隔探傷、および高速で探傷できる利点がある。しかし、探傷装置とコンクリートとの距離が離れるに従い、各の固有振動が影響し、コンクリート内部探傷の際のシグナル／ノイズ比が低下する。このため、各の固有振動をキャンセルさせるために振動安定化装置を構築し、その特性を調べた。

2. ダイナミックホログラム結晶を用いた干渉計の原理

振動の検出には試料表面に現れる振動を光の周波数変調に変換し干渉計により検出する。マイケルソン型干渉計を用い、さらに散乱面からの波面の乱れた信号光に対しても干渉信号が得られるようダイナミックホログラムを用いて試験体表面から戻ってくる反射光の波面乱れを補正する機能を付加した。レーザー超音波探傷装置の構成を図1に示す。検出用レーザーは連続発振のレーザーでビームスプリッターにより信号光と参照光に分けられる。信号光は試料の表面で反射され試料表面形状の情報を持ってダイナミックホログラムに戻ってくる。信号光と参照光がダイナミックホログラム結晶中で干渉し合い、結晶中に試料表面形状の情報が含まれた干渉縞が形成される。この干渉縞によりダイナミックホログラム内部に屈折率の粗密領域が生成され、参照光を回折させる。参照光は信号光と同じ光軸を進み検出器に向かう。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する。この変化は検出器では光の強弱となってあらわれるため、これを検出することによりコンクリートの振動が検出できる。

信号検出用レーザーは出力 200 mW の Nd:YAG レーザーの第二高調波を使用した。レーザーは縦、横ともシングルモードである。コヒーレント長は 1 km である。偏光は直線偏光、ビームサイズは約 0.5 mm である。出力光はポンプ光とプローブ光に二分されプローブ光は試験体表面を照射する。減衰率可変フィルターと半波長

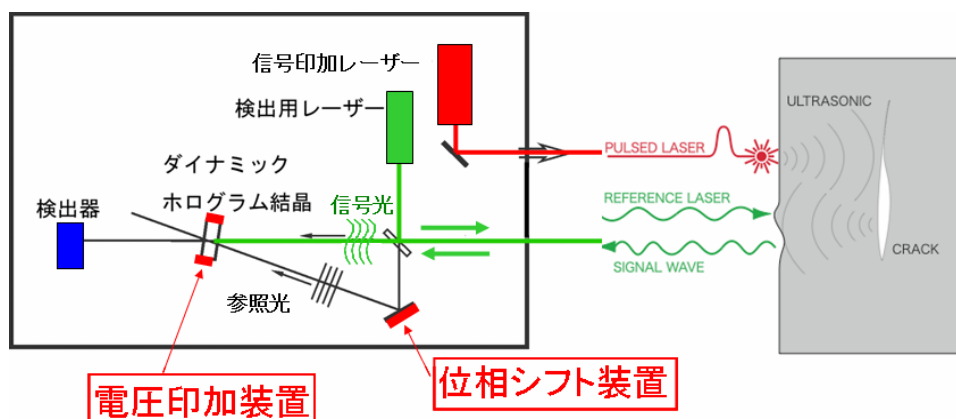


図1 ダイナミックホログラム結晶を用いたレーザー超音波探傷装置

キーワード：コンクリート，レーザー超音波，非破壊検査，ダイナミックホログラム

連絡先 〒565-0871 大阪市西区靱本町 1-8-4 大阪科学技術センター4F (財) レーザー技術総合研究所 レーザー加工計測研究チーム TEL06-6443-6311

板-偏光依存ビームスプリッターの組み合わせにより、両ビーム間の最適パワー比を得る。ダイナミックホログラム結晶には $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) を用いた。結晶のサイズは $10 \times 10 \times 5 \text{ mm}$ である。ダイナミックホログラム中で屈折率差が生成される応答時間は数 $100 \mu\text{s}$ ～数 ms 程度である。

4. 干渉縞安定化実験結果

干渉縞安定化装置の概念を図 2 に示す。コンクリートから戻ってくるシグナル光の一部と参照光の一部をマルチチャンネル光検出器(MCD)に入射する。2本のビームは干渉し、干渉縞を MCD 上に生成する。コンクリートとレーザー装置が独自の固有振動を持っているときには常に干渉縞が動く。この動きは MCD で解析し、参照光波面をどの程度移動させれば元の干渉縞位置に戻るかを算出する。その角度分を波面制御ミラーを用いて動かすことにより干渉縞の動きを止める。光検出器には光電子増倍管を用い、ナノワット程度の信号光でも検出できる。また、繰り返し周波数は最大 100 Hz である。

この装置を用いて干渉縞を安定化させた場合の実験結果を図 3 に示す。システムを駆動する前では干渉縞強度は常に変化し明暗を繰り返していた。システムを駆動させるとその強度変化は止まり、図 3 のような一定の強度となった。この場合の干渉縞振動周期は 10 Hz 程度であるが、 50 Hz 程度でも干渉縞の動きを止めることが出来た。これにより、コンクリート内部欠陥探傷の際の干渉縞の振動によるシグナル／ノイズ比の変動を抑えられると思われる。

5. おわりに

干渉縞安定化装置を構築し、その制御を確認した。今後はこの装置を用いてコンクリート内部欠陥探傷実験を行い、シグナル／ノイズ比が向上したことを実験的に求める。

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うけて行った。

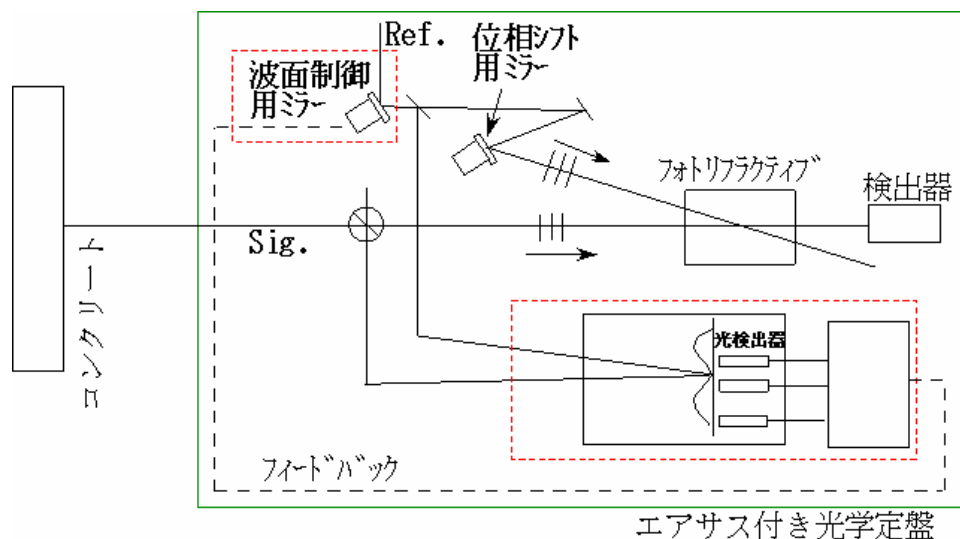


図2 干渉縞安定化装置の概念

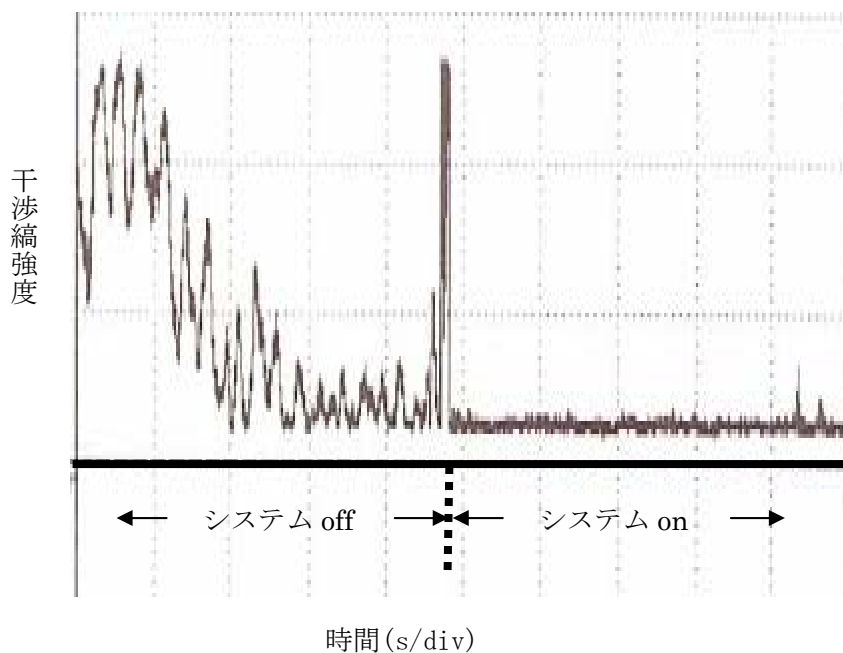


図3 干渉縞安定化システムを動作させた場合と停止させた場合の干渉縞強度の変化 システムを on にすると干渉縞強度が安定する