

## 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

## - (1) 検出シグナル/ノイズ比の向上 -

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	○ルグ 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	藤原 申次

## 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。本研究では上述の装置をコンクリートの内部欠陥診断に応用する研究を行っている。今回は遠方のコンクリート振動を検出するためにシグナル/ノイズ比(S/N比)を向上させる実験を行ったので報告する。

## 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を検出する。

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

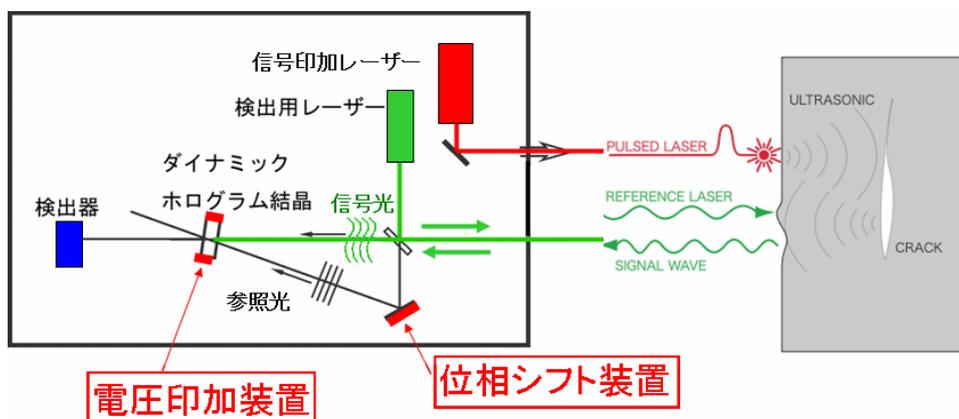


図1 ダイナミックホログラム結晶を用いたレーザー超音波探傷装置

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  $10 \times 10 \times 5$  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. S/N 比向上のための実験結果

信号光と参照光をダイナミックホログラム結晶に入射させた。2 ビーム間の角度を変化させ、かつ結晶に電界を印加した場合の検出光の強度増加 (Gain) を計測した。信号光と参照光との入射角度を横軸に、信号光のみの光強度を 1 とし、参照光の回折によって増加した光強度 (Gain) を縦軸としたものを図 2 に示す。電圧を印加しない場合には入射角度依存性は緩やかであるが、入射角度  $10\text{--}20^\circ$  でピークとなる。一方、電界を印加すると結晶内部の電子が加速されるため、干渉フリンジの間隔を広げる必要がある。このため、2 ビームの入射角度を狭くすることにより干渉縞の間隔を広げた。入射角度が  $10^\circ$  以下、印加電界  $3 \text{ kV/m}$  以上とすると Gain は増加し始めた。さらに印加電界を増加させると Gain は増加し、印加電界  $6 \text{ kV/m}$ 、入射角度  $3^\circ$  で Gain は 3.5 に達した。入射角度  $15^\circ$  では結晶内に生じる干渉縞の間隔は 2 ミクロン程度であるが入射角度を  $3^\circ$  とすると間隔は 20 ミクロンとなる。従って電子、ホール対が発生可能な領域は 10 倍大きくなる。しかし、再結合等により実効的な数は 3.5 倍程度にとどまる。干渉縞の暗部に達した電子の再結合を低下させるためには干渉縞の暗部を常に電子の進行方向に移動させればさらに高い Gain が期待できる。このため、参照光の位相を 56 フリンジ/s の割合でシフトさせた。これにより再結合等が低下し、さらに Gain は約 8 倍増加した (図 3)。

この実験の他に、検出用レーザーパワーを 0.2W から 2W に増強し、ソレイユバビネ補償板により複屈折の影響をキャンセルすることにより、総合的に 70 倍の S/N 比の向上ができた。これは遠方のコンクリートを計測するには十分な S/N 比である。

#### 5. おわりに

レーザー超音波リモートセンシング装置の検出の S/N 比を増加させるためにダイナミックホログラム結晶に電界印加と位相シフトを与え参照光の回折量の増加を計測した。十分な S/N 比が得られた。これを用いて今まで計測することが困難であったコンクリート内部欠陥を計測する実験を行い、反射エコーが確認できた。この結果については次の報告に譲る。

本研究は一部は (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。

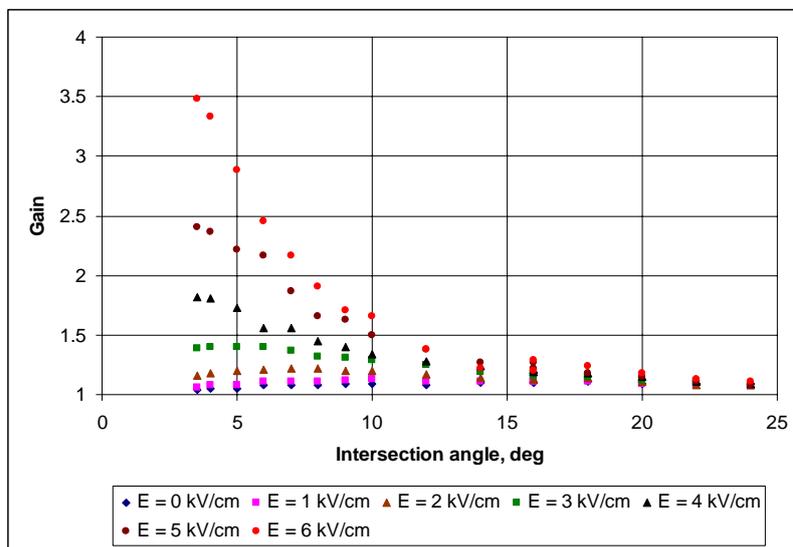


図 2 信号光と参照光との入射角度と印加電圧を変化させた場合、検出器に入射する光強度 (Gain) の変化

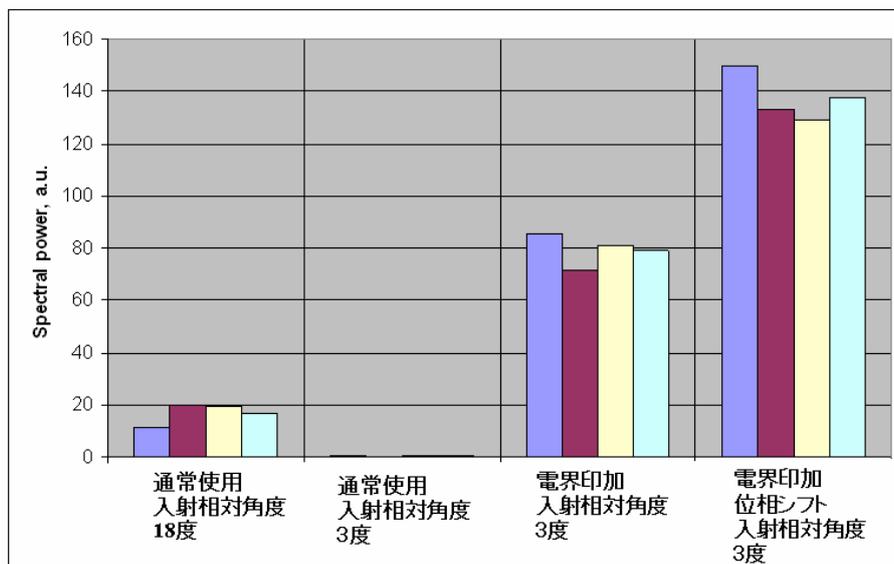


図 3 通常仕様と電圧、位相シフトを加えた場合の信号強度の違い