

# レーザー超音波による鋼板接着部欠陥の検出実験

○東京工業大学大学院 学生会員 山口 雄也  
 (株)駒井ハルテック 正会員 橋 肇  
 (公財)レーザー技術総合研究所 正会員 島田 義則  
 東京工業大学大学院 学生会員 丸山 泰蔵  
 東京工業大学大学院 正会員 廣瀬 壮一

## 1. はじめに

昭和40年代に橋梁コンクリート床版の損傷の問題が顕在化して以来、床版の補修・補強法として、鋼板接着工法が広く用いられてきた。コンクリート床版の場合、荷重を繰り返し受けると、鋼板と樹脂、またはコンクリートと樹脂との間の剥離が広がり、床版が押し抜きせん断破壊に至ることが報告されている<sup>1)</sup>。現在、鋼板接着部の欠陥の検査方法としては打音検査が一般的に用いられているが、一定の打撃をもとに正常・異常の判断が行われることは少なく、より効率的で簡易な検査手法の確立が必要である。そのような背景から、鋼板接着補強した床版に関して、剥離や充填不良といった欠陥の検査手法の研究や開発が行われている<sup>2)</sup>。

本研究では、鋼板接着部欠陥の遠隔検出手法として、非破壊検査手法のひとつであるレーザー超音波法を用いた室内実験を行い、鋼板接着部における損傷が測定波形に与える影響を調べる。

## 2. レーザー超音波を用いた計測実験

### (1) 供試体

作製した供試体を図1に示す。供試体は、図1(a)に示すように200×200mmの充填不良部を有しており、鋼板およびエポキシの厚さはそれぞれ4.5mm、5mmである。断面図を図1(b)に示す。なお、充填不良部以外の箇所は密着している。

### (2) レーザー超音波法

レーザー超音波法とは、パルスレーザーを固体表面に照射することによって発生する弾性波を用いる方法である。

本論文においては、欠陥中心を原点として(10, 10), (75, 10), (125, 10), (10, 120)に位置する鋼板表面に、およそ8m離れた位置からCO<sub>2</sub>レーザーを照射し、熱膨張によって弾性波を発生させ、同じくおよそ8m離れた位置から2つのレーザー変位計を用いて、レーザー中心からx軸方向に左右25mm離れた位置における相対変位を測定した。レーザー照射位置が(10, 10)の場合における測定位置関係を図1(c)に示す。その後、測定波形を高速フーリエ変換し、各測定位置における測定波形の振幅、フーリエスペクトルの比較を行った。なお、測定の際にノイズを除去す

るために、20kHzのローパスフィルタを通してている。また、健全な状態における測定波形を調べるために、レーザー照射位置が(10, 120)のとき、レーザー照射位置およびレーザー変位計はすべて健全部に位置している。

### (3) 計測結果例

充填不良部が非滞水状態におけるレーザー超音波法の測定結果を図2に、CO<sub>2</sub>レーザー照射位置が(10, 10)で、充填不良部が滞水状態における測定結果を図3に示す。また、半無限三層問題に対する周波数域3次元境界要素法の5kHz程度までの解析結果を図4, 5に示す。図4, 5は、それぞれ図2, 3に対応している。なお、縦軸はそれぞれの結果の最大ピークに合わせている。

まず、図2の各測定位置における測定波形を見ると、図2(d)の健全部における測定の場合と比較して、その他の測定位置における測定波形は大きく振動している。しかし、図2(a), (b)のCO<sub>2</sub>レーザー中心が(10, 10), (75, 10)における場合の測定波形の最大振幅は同程度であるが、図2(c)のCO<sub>2</sub>レーザー中心が(125, 10)における測定波形は図2(a), (b)と比べて小さいことが確認できる。これは、レーザー照射位置が健全部上にあるため、欠陥部上における照射と比較して、欠陥部に散乱される弾性波が弱いことが考えられる。また、フーリエスペクトルを見ると、図2(d)と比較して、図2(a), (b), (c)の場合、10kHz以下の範囲で周波数の分布が広く見られ、図2(a), (b)では1.3kHzで一番高いピークを示しており、レーザーの照射によって引き起こされる鋼板の自由振動の固有周波数であることが考えられる。しかし、図4の解析結果を見ると、1.6kHzに一次モードのピークが確認できるが、実験結果とは一致しない。これは、充填不良部を再現する際に使用したシーリング剤

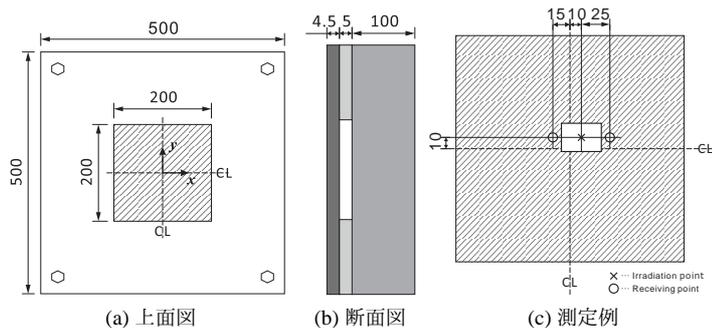


図1 供試体モデル図 (単位: mm)

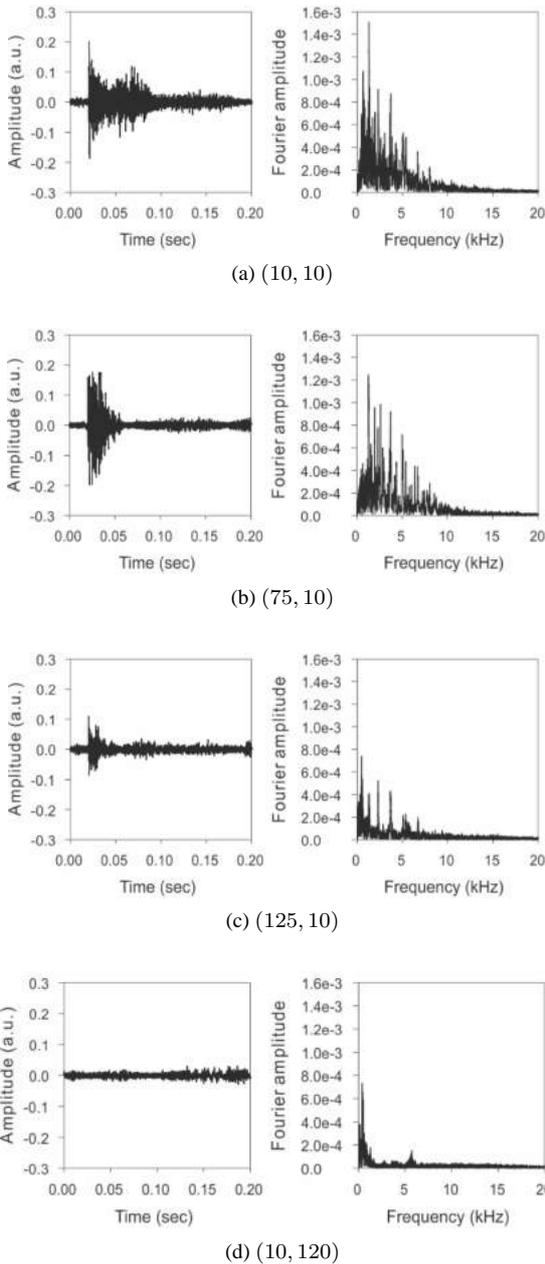


図2 各レーザー照射位置に対応する測定波形(左)とフーリエスペクトル(右)

の影響によるものと考えられ、使用したシーリング剤の幅を10mmとし、充填不良部と同等とみなした場合、その1次モードは1.3kHz前後になり、おおよそ一致する。このように、測定波形および周波数特性の違いを確認できることから、欠陥の検出は可能であると考えられる。

次に、充填不良部の滞水の影響について考察する。図3の測定波形を見ると、図2(d)と比較して、図3の場合では若干の振動のようなものが確認できるものの、図2(a),(b),(c)のようなはっきりとした振動は確認できない。また、フーリエスペクトルを見ると健全部における周波数特性とほとんど変わらないことがわかる。図5の解析結果についても、振幅値の若干の違い以外図4(d)とほぼ同様であるため、滞水状態における欠陥の検出はかなり困難であると考えられる。

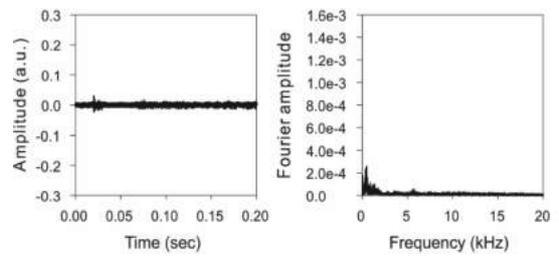


図3 滞水状態でレーザー照射位置(10, 10)に対応する測定波形(左)とフーリエスペクトル(右)

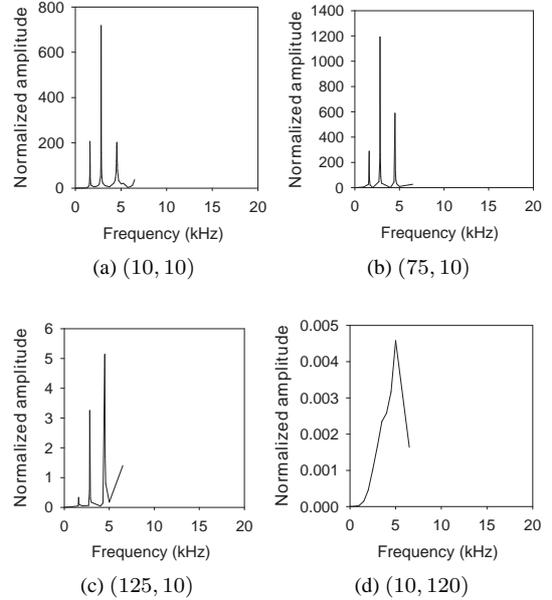


図4 3D-BEMを用いた各レーザー照射位置に対応する最大相対変位応答

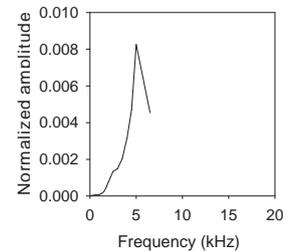


図5 滞水状態でレーザー照射位置(10, 10)に対応する最大相対変位応答

### 3. おわりに

レーザー超音波法を用いて、鋼板接着工法の損傷評価を行った。相対変位を計測し、測定波形およびフーリエスペクトルの比較を行なうことで、充填不良による欠陥を検出することができた。よって、レーザーを走査することで、欠陥の大きさを推定できると考えられる。しかし、充填不良部が滞水状態である場合においては、測定波形およびフーリエスペクトルの比較による検出が困難であることから、今後さらなる検出方法の検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 園田恵一郎, 沖野真, 林秀侃, 喜田浩: 道路橋RC床版に対する鋼板接着補強工法の信頼性に関する研究, 土木学会論文集, 398, pp.245-254, 1988.
- 2) 丸茂文夫, 神谷誠, 飯東義夫, 菅野匡: 鋼板接着されたコンクリート床版の剥離非破壊検査法の研究, コンクリート工学年次論文報告書, 17(1), pp.1249-1254, 1995.