

## 題目 鉄筋コンクリートと補強鋼板との剥離に対する検出手法の検討

(株) 橋梁検査センター 会員 加藤昌彦 (株) 横河メンテック 会員 松本好生  
(株) 横河ブリッジ 会員 名取 暢

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の補強方法の一つとして鋼板接着工法が従来から用いられているが、この工法においては、コンクリート部材と鋼板との接着状況が補強効果に大きな影響を及ぼす。補強鋼板とコンクリートとの接着状況を確認する手法としては、その簡便さから叩き点検が用いられてきた。この方法は木槌等のハンマーで鋼板表面を打診して反響音の音色の違いを検査員が聞き分ける方法であり、人間の五感に頼らざるを得ないばかりでなく、記録に残せないなどの問題点もある。このようなことから、最近では、叩き点検の結果を定量的に評価する手法や赤外線を用いて剥離状況を定量的に把握する手法などの検討も行われてきている。ここでは、記録採取可能な検査手法として直接接触による超音波探傷法を取り上げ、接着材中での超音波の音速や減衰の程度を推定するとともに、鋼板接着部の剥離状況の検出手法としての適用性について検討した。

### 2. 試験概要

試験には、図1に示すように300mm角のコンクリート部材に厚さ4.5mmの鋼板(SS400材)を接着した供試体を用いた。使用した接着材は2液常温硬化型の変性エポキシ樹脂系接着材であり、接着層の目標厚さを2mmおよび5mmとした。また、剥離面を模擬的に再現させるために、鋼材と接着材間あるいは接着材とコンクリート間にビニールシートを挿入した。なお、探傷試験は圧延肌の鋼表面から一探触子法で行った。

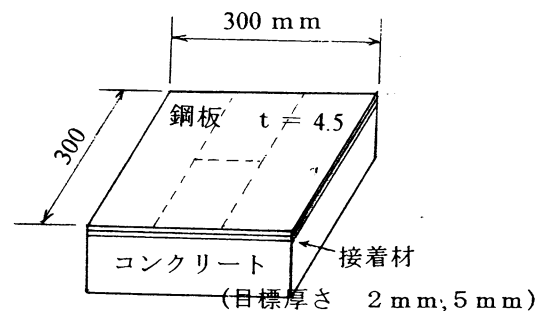


図1 供試体形状

### 3. 使用機器

超音波装置にはRF (Radio Frequency) 波形が記録可能なデジタルタイプの探傷器 (パルス反射方式) を使用した。探触子は鋼板の検査で一般的に用いられる5MHzの保護膜付き垂直探触子とした。また、接着材中での超音波の減衰を軽減させる目的で2MHz探触子についても試験した。探傷感度については剥離の有無に関係なく鋼/接着材の境界面エコー高さが80%程度となるように設定した。

### 4. 試験結果

#### 4. 1 接着材の音速測定

接着材の厚さが1.4mm (目標厚2mm) と5.6mm (目標厚5mm) の場合について音速測定を行った。その結果、接着材の音速は概ね2700m/secと推定され、一般的なエポキシ樹脂の音速と同程度の値となった。また、鋼 (常温) の5900m/secに比べて2.2倍程度遅い音速であった。

#### 4. 2 減衰量の測定

(1) 鋼材中での減衰：鋼材中の減衰量を表1中に示す。鋼材厚4.5mmに対する平均減衰量は約1.7dbであり1mmあたりに換算すると0.4dbとなる。

(2) 接着材中での減衰：接着材中の減衰量測定は接着材厚5.5mmの場合について実施した。画像波形を図2に示す。接着材厚さ5.5mmに対して24dbの低下を生じ、接着材1mm当たり4.4dbの減衰量となった。なお、ここでは探傷面と剥離面とが平行状態にあると仮定した。

これらの結果より、接着材は鋼に比べ1.1倍 (21db) 程度、減衰量の大きいことがわかった。なお、減衰

キーワード：鋼板接着、剥離、超音波探傷、RC部材、点検

連絡先：〒130-0026 東京都墨田区両国4-23-8 TEL.03-3846-8889 FAX.03-3846-1773

低減対策として 2MHz の探触子を用いて探傷した結果、鋼／接着材間の剥離部における境界面エコーが確認できず、探傷自体が不可能であった。

#### 4. 3 剥離部の識別

##### (1) 鋼材／接着材境界面における減衰量の比較

1) 平均減衰量の比較：境界面が健全な場合と剥離している場合についての減衰量の比較を表 1 に示す。健全な場合の平均減衰量は 2.0db ～ 2.5db、一方、境界面が剥離している場合には約 1.7db であった。健全部は剥離部に比べてエコー高さが 0.3db 程度 (0.97 倍) 低いだけであり、健全部と剥離部の識別は難しいといえる。

2) 個別減衰量の比較：鋼材と接着材との境界面が剥離している場合に得られた多重エコーの各エコー高さを基準として、境界面が健全な場合の対応する各エコー高さを比較した。表 2 に比較結果を示す。鋼材と接着材との境界面が健全な場合の各エコー高さは剥離部よりも低く、B 4 エコー以後のエコーにおいては接着材の厚さに関係なく 1.5db (0.84 倍) 以上の差があり、個別減衰量の比較によれば健全部と剥離部との識別が可能といえる。

##### (2) 接着材とコンクリート境界面における減衰量の比較

鋼材／接着材／コンクリートの各境界面が健全な多重エコー波形（接着材厚 5 mm の場合）を図 3 に、接着材／コンクリートの境界面が剥離している場合の多重エコー波形（接着材厚 1.7 mm の場合）を図 4 に示す。図 4 の B 3 ～ B 7 エコーはそれらの境界面での反射率が 1 (100%) であることなどから、エコーの立ち上がり位置あるいは波形形状（エコーピーク間隔等）の点で図 3 とは異なっているものの、これらの違いからは、剥離の有無を識別できない。

#### 5. まとめ

- (1) 鋼材と接着材では音速が異なり、接着材中においては鋼材中の 1/2 以下の音速であると推定される。
- (2) 減衰量は、鋼材の場合で 1 mm 当たり 0.4db、接着材中では 4.4db 程度である。
- (3) 鋼材と接着材間の健全部と剥離部の識別は、B 4 以後のエコーの減衰に着目することで可能である。
- (4) 接着材とコンクリートとの境界面における剥離部の識別は、今回の試験では困難であった。

表1 境界面における平均減衰量の比較

| 底面エコー | 鋼／接着材健全    |            | 鋼／接着材剥離    |            | 鋼／接着材剥離    |            | 鋼／接着材剥離    |            |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|       | 接着材厚 1.9mm | 接着材厚 1.7mm | 接着材厚 5.8mm | 接着材厚 1.9mm | 接着材厚 1.7mm | 接着材厚 5.8mm | 接着材厚 1.9mm | 接着材厚 1.7mm |
|       | CRT%       | db差        | CRT%       | db差        | CRT%       | db差        | CRT%       | db差        |
| B1    | 80         |            | 81         |            | 80         |            | 81         |            |
| B2    | 55         | -3.3       | 58         | -2.9       | 58         | -2.8       | 60         | -2.6       |
| B3    | 44         | -1.9       | 49         | -1.5       | 44         | -2.4       | 52         | -1.2       |
| B4    | 37         | -1.5       | 38         | -2.2       | 35         | -2.0       | 45         | -1.3       |
| B5    | 30         | -1.8       | 29         | -2.3       | 26         | -2.6       | 37         | -1.7       |
| B6    | 23         | -2.3       | 23         | -2.0       | 19         | -2.7       | 32         | -1.3       |
| B7    | 17         | -2.6       | 20         | -1.2       | 15         | -2.1       | 26         | -1.8       |
| B8    | 14         | -1.7       | 17         | -1.4       | 11         | -2.7       | 22         | -1.5       |
| B9    | 12         | -1.3       | 12         | -3.0       | 8          | -2.8       | 19         | -1.3       |
| B10   | 10         | -1.6       | 10         | -1.6       |            |            | 15         | -2.1       |
| B11   | 8          | -1.9       | 8          | -1.9       |            |            | 12         | -1.9       |
| 平均値   |            | -2.0       |            | -2.0       |            | -2.5       |            | -1.7       |

表2 反射回数が多いエコー間における減衰量比較

| 多重エコー | 鋼／接着材健全    |            | 鋼／接着材剥離    |            | 鋼／接着材剥離    |            |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|       | 接着材厚 1.9mm | 接着材厚 1.7mm | 接着材厚 5.8mm | 接着材厚 1.9mm | 接着材厚 1.7mm | 接着材厚 5.8mm |
|       | 反射回数       | CRT%       | db差        | 反射回数       | CRT%       | db差        |
| B1    | 81         | 80         |            | 81         | 80         |            |
| B2    | 60         | 55         | -0.8       | 58         | -0.3       | 58         |
| B3    | 52         | 44         | -1.5       | 49         | -0.5       | 44         |
| B4    | 45         | 37         | -1.7       | 38         | -1.5       | 35         |
| B5    | 37         | 30         | -1.8       | 29         | -2.1       | 26         |
| B6    | 32         | 23         | -2.9       | 23         | -2.9       | 19         |
| B7    | 26         | 17         | -3.7       | 20         | -2.3       | 15         |
| B8    | 22         | 14         | -3.9       | 17         | -2.2       | 11         |
| B9    | 19         | 12         | -4.0       | 12         | -4.0       |            |
| B10   | 15         | 10         | -3.5       | 10         | -3.5       |            |
| B11   | 12         | 8          | -3.5       | 8          | -3.5       |            |

AD-3213EX

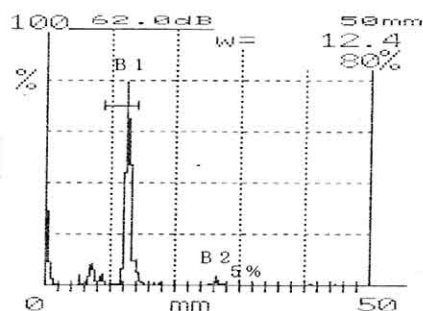


図2 接着材の画像波形

AD-3213EX

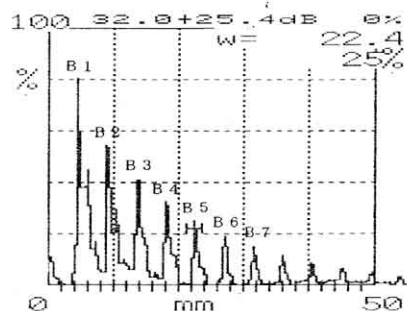


図3 鋼材／接着材／コンクリートの境界面における健全部の多重エコー波形

AD-3213EX

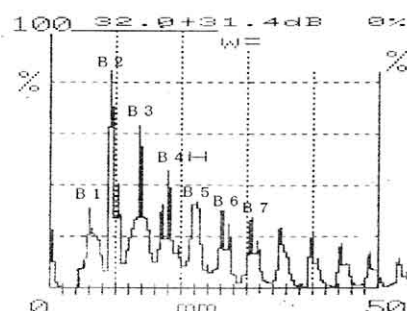


図4 接着材／コンクリートの境界面における剥離部の多重エコー波形