

(V - 6) 打音法を利用した炭素繊維シート補強の剥離評価について

中央工学校 正会員 ○金光 寿一
日本大学 正会員 柳内 陸人
日本大学 砂長 秀明
日本大学 学生会員 宮崎 誉士

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の補強方法としてコンクリート表面に炭素、アラミド、ガラス繊維などの連続繊維シートを接着する工法が注目されるようになった。しかし、接着施工のため下地コンクリート表面の劣化層の除去、また不陸修正のでき具合が連続繊維シート施工の仕上げにそのまま反映され、十分な修正を実施しなければ剥離を起こし施工後の耐久性に影響を及ぼすことになる¹⁾。現在、そのシートの剥離検知は、指触、パールハンマー、あるいは一部でサーモグラフィ法が併用されて行われているが、積層された連続繊維シートの剥離寸法を定量的に精度良く確認することは困難である²⁾。そこで、本研究では非破壊検査手法の一つである打撃法に着目して、コンクリートの表面に積層された炭素繊維シート(以下、シートと記す)の剥離寸法が定量的に評価できるか否かの検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体及び打撃方法

使用した S 社製の自動剥離試験機は、打撃周期 5 回/秒の性能を有するもので、打撃部から 17mm 離れた位置にあるマイクロフォンで 1 回毎に打撃音の強さを記録できるものである。試験体は、日鉄コンポジット社製のシート(目付量: 200g/m², 厚さ: 0.111mm)を RC プレキャスト版(600 × 450 × 60mm)に完全接着させたものと、1 層目に入

為的な剥離を設けたものの 2 種類を製作した(図-1 参照)。

シートの剥離は、コンクリート表面の劣化層や空隙の処理を誤ったことによるシート裏面の浮き、結露、水分、レイタンス、塗布ムラなどによる接着不良及び 2 層目以降に起こる樹脂含浸不良の 3 つが考えられるが、今回、実現場で最も起こり易いと言われている塗布ムラによるシート裏面の接着不良を想定した。そのシートの剥離部は、コンクリートの接着面をサンダーで削った後にプライマーを塗布して 1 日養生を行い、その後、エポキシ系の接着剤を塗布しないことで作成した。なお、剥離の大きさ及び貼付け枚数は表-1の実験要因に示すとおりである。試験体への打撃は、各層 1 週間の養生後に行い、支持条件の差異による内部振動をより一定にするためゴムマット上で行った。打撃位置は、剥離寸法 10cm(H10)に対しては図-1に示すとおり境界面より計 7 点打撃し、剥離寸法 3cm(H3)は 3 点打撃している。

2.2 剥離検知のアルゴリズム

一般に、得られた打撃波形の特徴をより明確にするためには FFT 解析から周波数への転換を行い、さらに強調したパワースペクトル表示によってそれぞれの波形の違いを比較することになる。このパワースペクトルは、各成分波を強調したもので、有限フーリエ係数の実数部と虚数部を 2 乗したものである。その剥離寸法の定量評価は、打撃振幅の大きさとともに周波数分布の特徴をより明確にするため最大パワースペクトル値、パワースペクトルの面積、重心位置、さらに標準偏差、歪度、尖度を算出して比較検討した。

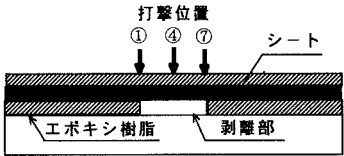


図-1 剥離試験体と打撃位置

表-1 実験要因

実験要因	記号	剥離の 大きさ(cm)	積層 枚数	打撃 位置
接着試験体	S	0		9
剥離試験体	H10	10×10	1~5	7
	H3	3×3		3

キーワード：打撃法、連続繊維シート、剥離検知

連絡先：〒 114-0013 東京都北区東田端 1-8-11 中央工学校土木建設科 TEL 03-3810-8553 Fax03-3810-8395

3. 実験結果

3.1 積層枚数による打撃波形の相違

図-2は、S 試験体 1 層目の中央部を打撃して得られた時系列の波形である。図-3は、その S 試験体の 1 ～ 5 層を計 9 点打撃して得られた最大振幅である。また、図-4及び図-5に H 試験体の H3 及び H10 で得られた打撃位置毎の最大振幅を示す。今回使用した打撃試験機は打撃エネルギーが一定であり、シートが振動するほど振幅は大きくなる傾向にある。S 試験体の最大振幅は、2 層目以降、打撃位置によって最大 157mV 程度のばらつきを有するが、積層枚数に関係なくほぼ一定の値を示している。H10 では、両者を比較すると 2 層目以上で明らかな差異が認められ、各層のばらつきを考慮しても振幅を利用して剥離端部より 1cm 程度の誤差で境界評価を行うことができる。なお、H3 では振幅に差異が認められるものの、ばらつきの大きさを考えると誤診を起こす危険性がある。

3.2 積層数による周波数分布の相違

図-6(a)～(c)は、接着試験体及び剥離試験体 4 層目の中央部を打撃して得られた周波数分布を示す。S 試験体の特徴は、積層数に関係なくいくつか同じようなピーク値をもつ広がりのある周波数分布となっているが、H3 及び H10 ではある一つの卓越した周波

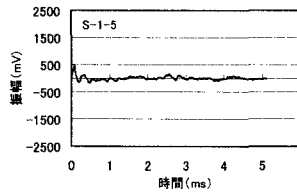


図-2 打撃波形

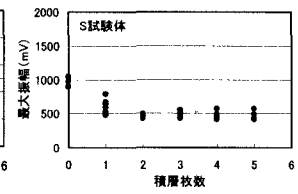


図-3 最大振幅 (S試験体)

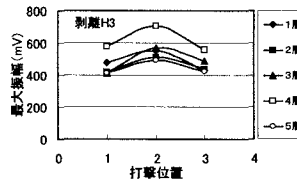


図-4 最大振幅 (H3)

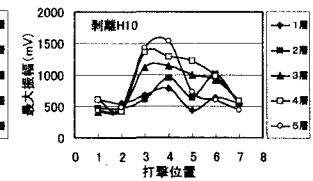
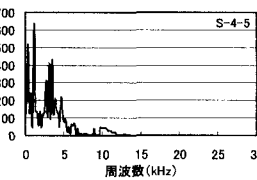
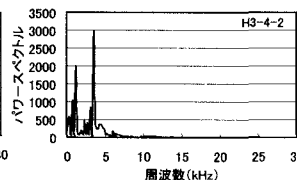


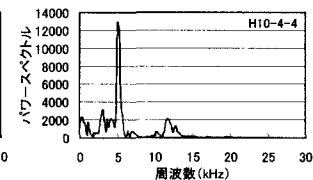
図-5 最大振幅 (H10)



(a) S試験体 (中央部)

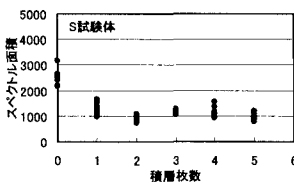


(b) H3 (中央部)

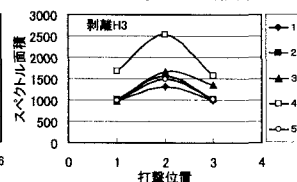


(c) H10 (中央部)

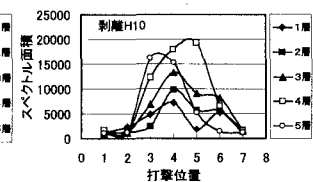
図-6 周波数分布特性 (積層数4枚)



(a) S試験体



(b) H3



(c) H10

図-7 スペクトル面積

数が現れ、最大スペクトル値やスペクトル面積を利用して両者を区分することができる。また、図-7(a)～(c)は各層のスペクトル面積である。最大振幅と同様に S 試験体との相違から剥離寸法を精度良く評価できる。

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) シートの剥離は、完全接着と比較すると積層数が増加するほど打撃振幅及び周波数分布に明瞭な差異が現れ、剥離領域を精度良く評価することができる。
- (2) 剥離寸法 3cm の境界は、完全接着した周波数分布の形状差を比較することで誤診を防ぐことができる。

〈参考文献〉

- 1) 宇佐見 惣, 長田光司, 井ヶ瀬良則, 斎藤 誠: 炭素繊維巻立て工法の施工時の欠陥が耐久性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.1225 ~ 1230, 1999
- 2) 相良健一, 魚本健人: 炭素繊維シートで補修・補強された RC 構造物の欠陥の検知について, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.1203 ~ 1208, 1996