

(V-37) 打音波形解析による炭素繊維シート補強コンクリートの剥離評価

日本大学(院) 学生会員 ○黒古 剛司 日本大学 正会員 柳内 睦人
中央工学校 正会員 金光 寿一 (株)フジタ 正会員 吉野 広司

1. はじめに

現在、炭素繊維シート補強コンクリートの剥離診断に関する研究は、サーモグラフィー法、超音波及びレーザー法などが適用されている。実現場におけるシートの出来形検査では、浮き、剥がれなどの接着不良箇所が500×500mm角内に直径30mm程度のものが2箇所以内を合格とし、それを超える場合には補修を行うことになっている。しかし、視覚的な判定評価となるサーモグラフィー法から得られる熱画像では、表面温度差の相対評価となるために剥離領域や寸法を精度良く評価することは困難である。

そこで、本研究では、剥離診断を精度良く行う検査手法として簡便な打音法を採用し、打音波形データのFFT解析及びウェーブレット解析で得られる周波数の相違から検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体及び打撃方法

シートの剥離は、接着施工時に発生するエポキシ樹脂の塗布ムラによる積層間樹脂含浸不良と気温の変化で起こる結露や水分などの要因による積層間接着不良を想定した。試験体は、N社製のシート(高強度カーボン、シート目付量200g/m²、標準施工厚0.45mm)をRCプレキャスト版(600×450×60mm)に実橋脚の補強枚数とほぼ同等の6層を貼付けた。接着不良試験体(RHR)の剥離部は、離型テープを各層間に貼付け、テープの上から接着剤を塗布して作製し、含浸不良試験体(RGR)の剥離部は、各層間にエポキシ系接着剤を塗布しないことで作製した。なお、各積層間剥離の記号は、コンクリート表面と1層間をCase1とし、5層と6層間剥離を

表-1 試験体一覧

試験体	剥離状態	剥離記号	剥離寸法 (cm)	積層数	打撃回数
RHR	接着不良	RHR3	3×3	6	3
		RHR5	5×5		6
		RHR10	10×10		11
RGR	含浸不良	RGR3	3×3	6	3
		RGR5	5×5		6
		RGR10	10×10		11

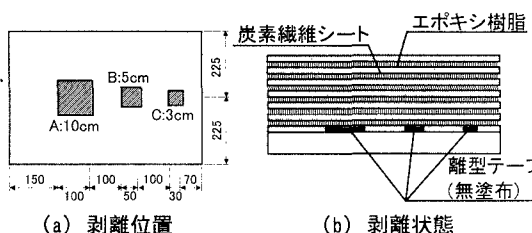


図-1 試験体(Case1)

Case6とする。表-1及び図-1(a), (b)に試験体一覧と擬似剥離の大きさ及び位置を示す。試験体への打撃は、その固定条件や支持条件の差異による音響放射をより一定にするためゴムマット上で行った。その剥離領域・寸法評価は、図-1(a)に示す剥離中央位置を長手方向の端部から1cm間隔で打撃した。また、剥離境界間での打撃点の総数は、表-1に示すとおりである。なお、表に示すRHR3、RHR5及びRHR10は、剥離寸法が3、5及び10cm角を示したものである。

3. 実験結果

3.1 打撃波形の相違

図-2(a), (b)は、Case1の完全接着部(健全部)とRHR10の中央部を打撃して得られた5.12msecまでの256点の時系列波形である。また、図-3(a), (b)は、図-2に示すCase1の打撃波形をFFT解析して得られた周波数分布である。

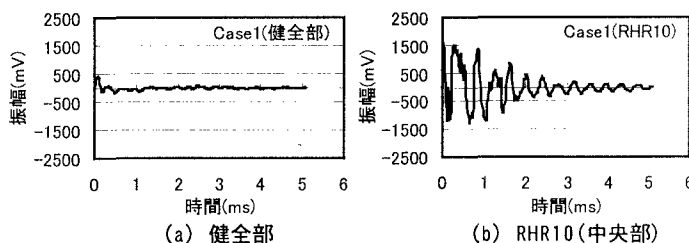


図-2 打撃波形の相違(Case1)

キーワード：打音法、炭素繊維シート、FFT解析、ウェーブレット解析

連絡先：〒275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学 柳内研究室 TEL&FAX. 047-474-2441 E-mail: yanai@civil.cit.nihon-u.ac.jp

3.2 FFT スペクトルによる剥離

領域評価

図-3 に示す周波数分布を比較すると、健全部は 5kHz 以下にいくつか同じようなスペクトルピークを持つ周波数分布となっている。しかし、剥離 RHR10 ではある一つの卓越した周波数が現れ、スペクトルピークが明らかに異なっていることが分かる。

図-4(a), (b)は、試験体の長手方向から1cm間隔で打撃し得られたCase1、Case3及びCase6のスペクトルピークと打撃位置の関係である。各Caseの健全部と剥離部を比較すると、明らかに剥離の境界

部からスペクトルピークが急激に大きくなり、剥離の領域・寸法を定量的に評価することができる。しかし、特に、含浸不良のスペクトルピークは、剥離の積層間位置がシート表面に近づくにつれて急激に小さくなり、RGR3及びRGR5では誤診を起こす危険性がある。

3.3 ウェーブレットによる剥離領域評価

図-5(a)～(c)は、健全部と Case6 の RGR3 の中央部及び境界部の時系列波形をウェーブレット変換して得られた時間と周波数の可視化処理画像である。なお、Gabor 関数の周波数レベルは、1kHz～25kHz の周波数帯域を 20 分割して表示している。その結果、健全部は 2.5msec 前後の 5kHz～13kHz にかけてピークが見られ、比較的減衰も緩やかである。一方、RGR3 の中央部では、打撃直後から 0.5msec 及び 1.0msec に 13kHz 以上の高い周波数帯域にピークが現れ、また境界部では、健全部と剥離部の両者の特徴が現れている。

4. まとめ

本研究で得られた結果は、以下に示すとおりである。

- (1) FFT 解析で得られる完全接着部の周波数分布の特徴は、5kHz 以下にいくつか同じようなレベルのスペクトルピークを持ち、明瞭なピーク周波数を判断することは困難であった。
- (2) 波形の時間周波数分析が可能なウェーブレット変換では、打撃直後 1.0msec 時の高周波数帯域に接着部には現れない明瞭なピークが認められ、剥離 3cm を評価することができる。
- (3) 打音法の剥離評価では、打撃振幅の最大値、FFT パワースペクトルのピーク値や重心位置、ウェーブレットによる時間周波数解析を総合的に評価することで検出精度の向上が図れる。

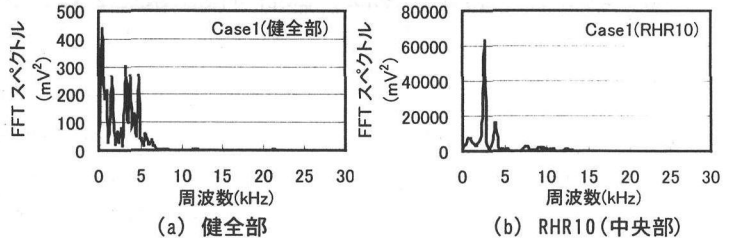


図-3 周波数分布の相違 (Case1)

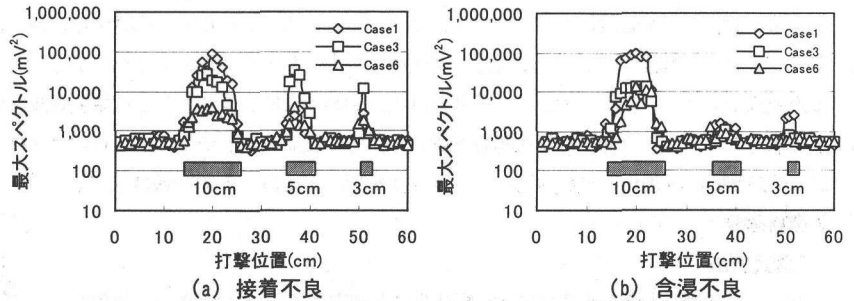


図-4 最大スペクトルの相違

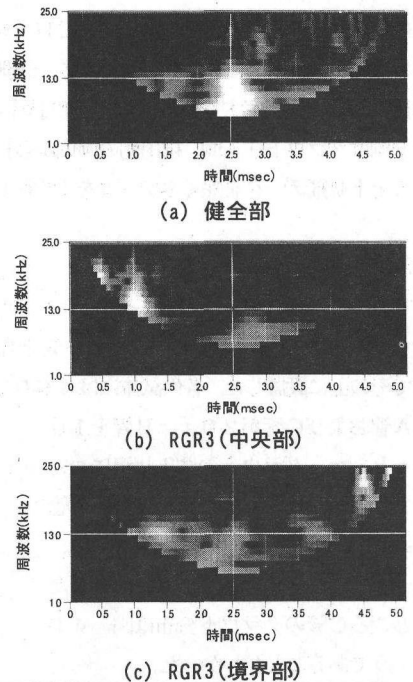


図-5 可視化処理画像 (Case6)