

# 衝撃弾性波法による繊維シートの剥離検出に関する基礎研究

伊藤建設(株) 正会員 岩野 聡史  
東海大学 正会員 極檀 邦夫  
日本大学 学生員 黒古 剛司

## 1. はじめに

筆者らはコンクリート表面を鋼球で打撃し、衝撃により発生する弾性波を測定し、振動数解析によって固有振動数を求める衝撃弾性波法から、主にコンクリートの厚さを測定する研究を行ってきた<sup>1)</sup>。連続繊維シート工法の剥離検査については、サーモグラフィー法による温度分布の相違や、打音法による振動数解析での最大振幅から剥離領域を定量的に評価できることが示されている<sup>2)</sup>。打音法による解析方法では、振幅減衰を評価するので一定の打撃強さが必要条件となるのに対し、衝撃弾性波法は、振動数の大きさと振動数の時間変化から現象を解析するので打撃強さの影響は小さいこと、また、シートが剥離していない場合は、コンクリートについての厚さ、内部欠陥の検査も可能であると考えられる。そこで、本研究では、繊維シートの剥離の大きさや位置を変えた試験体を製作して、衝撃弾性波法による剥離検査の可能性について検討した。

## 2. 測定方法

### 2.1 試験体

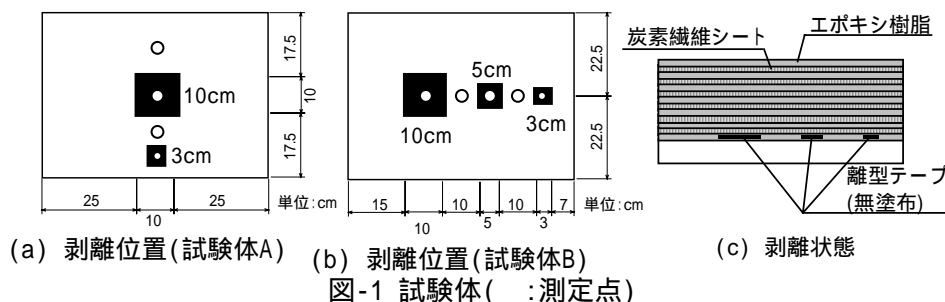
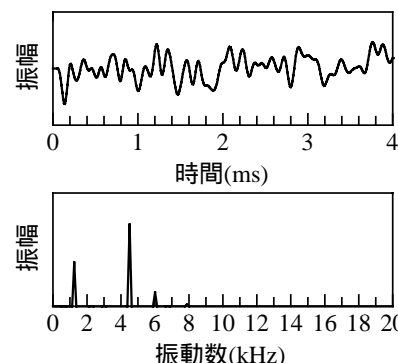


表1 試験体概要

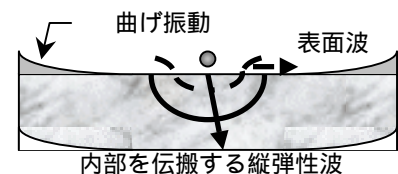
試験体	剥離寸法 (cm)	積層数
A	3×3	6
	10×10	
B	3×3	6
	5×5	
	10×10	



試験体の概要を表1、図1に示す。RCプレキャスト版(60×45×6cm)に炭素繊維シートをエポキシ系接着剤で貼付け、離型テープにより模擬的な剥離部を製作した。試験体Aは剥離部がコンクリート表面にあり、その上にシートを貼付けた。積層数は1~6層の6種類である。試験体Bはシートが6層貼付けてあり、剥離部は各シートの層間に存在し、全5種類である。

### 2.2 測定方法及び測定理論

衝撃弾性波の測定点は、各試験体の剥離部中心位置及び健全部とし、測定方法は、シート表面に加速度センサー(PCB 352C66 共振振動数 35kHz)を手で押付け、その近傍を直径10mmの鋼球で打撃する。発生した振動は、サンプリングクロック:10μ秒、データ数:1024個を記録し、最大エントロピー法(MEM)によってパワースペクトルを求める。図2に剥離に挟まれた健全部の測定波形と4.2kHzにピークを示すスペクトルの一例を示す。



鋼球打撃によって発生する振動の模式図を図3に示す。測定対象物がたわむことにより発生する曲げ振動、表層を伝搬する表面波、内部を立体球面状に伝搬する縦弾性波・横弾性波などが発生する。今回の試験体(RCプレキャスト版)の寸法では、縦弾性波の多重反射による振動数が、約32kHzとなりセンサー感度と手押し接触方法では測定不可能となる。すなわち、今回の測定では、繊維シートの剥離部分によって発生する曲げ振動と、基盤であるコンクリート板の曲げ振動が発生する可能性がある。一般的に、多重反射振動に比較して、曲げ振動の振幅は大きく減衰率も小さい傾向を示す。

### 3. 測定結果及び考察

試験体 A 積層数 5 層及び試験体 B 剥離位置 2~3 層間での各測定点で求めた振動数解析結果を図 4 に示す。剥離部では 2kHz 程度、健全部は 5kHz 程度の振動数が最大値を示している。

図 5 に全試験体での振動数解析の結果、振幅が最大となった振動数と測定点の関係を示す。剥離部の振動数が健全部より低くなることが確認できる。また、面積の比較では剥離部の面積が大きくなるのに従い、振動数が低くなる傾向が見られる。しかし、コンクリート表面の剥離部にシートを 6 層貼付けた試験体 A での積層数 6 層、及び全 6 層のシートの 1~2 層間に剥離がある試験体 B での剥離位置では、剥離部と健全部の識別が困難で、両者の違いが認められなかった。

曲げ振動の振動数は、測定対象を構成する材質のヤング率、慣性モーメント、寸法及び支点の境界条件などの関数であるが、同一の材質ならば空間面積が大きいほど低振動数になるはずである。しかし、今回の場合は、健全部ではコンクリート版と繊維シートが一体となって衝撃力を受けるのに対し、剥離部では局部的に剥離を有するシート部分で衝撃力を受けることになる。厚さ数 mm のシート剥離部の曲げ振動数は、60 数 mm のコンクリート版よりも曲げ剛性が小さいので、さらに低振動数域になると推測される。

試験体 A における繊維シート 10×10cm の剥離は、曲げ振動による低振動、健全部はやや高振動である。また、試験体 B においても、剥離部と健全部の振動数を比較すると、剥離部低振動と同様の傾向を示す。

### 4. まとめ

繊維シートの剥離検出に衝撃弾性波法が適用できるか実験した結果、可能であることが分かった。今回の試験体は版厚が 6cm と薄いため、健全部であっても曲げ振動が発生する形状であったが、剥離部と健全部の曲げ振動の固有振動数の相違から判別できることを示した。コンクリート厚の大きい試験体を測定対象にできるならば、健全部では縦弾性波の多重反射による固有振動数が測定できるので、剥離の判別がさらに容易になると期待できる。また、本衝撃弾性波法は、コンクリート構造物の表層部のみならず、内部欠陥や厚さも測定可能であるので、薄い表層部の曲げ振動の挙動について実験し、判定基準等を確立するよう努力したい。

【参考文献】1) 岩野聡史, 極檀邦夫他: 衝撃弾性波法によるコンクリート構造物の厚さ測定, コンクリート工学, Vol.23, No.1, pp.547-552, 2001.6 2) 金光寿一, 柳内睦人他: サーモグラフィー法及び打音法を利用した炭素繊維シート補強コンクリートの剥離検知手法, コンクリート工学, Vol.23, No.1, pp.625-630, 2001.6

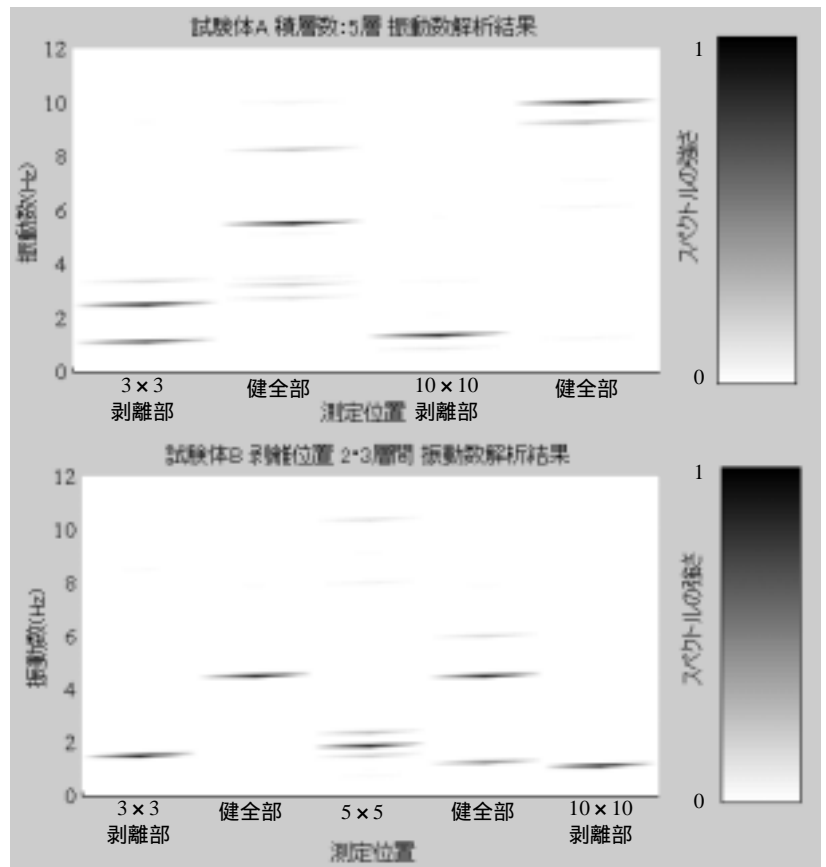


図 4 測定状況及び発生する振動

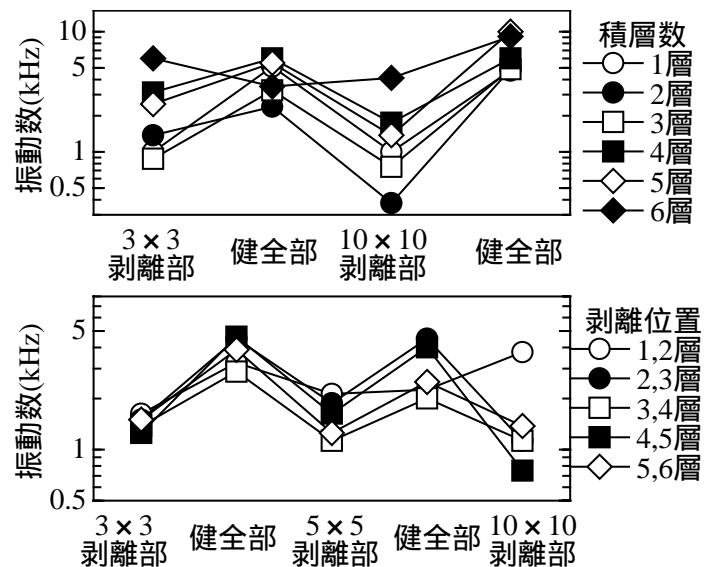


図5 振幅が最大となる振動数 (A: 上図、B: 下図)