

コンクリートの欠陥状態を判別可能な打音特徴量関数の提案に向けた基礎的研究

福岡大学 学生会員 中山 慎也
 福岡大学 正会員 玉井 宏樹

1. 諸言

現在日本は、高度経済成長期において建設された社会資本の老朽化が問題になっている。そこで、簡易的に構造物を検査する技術が重要になると考えられ、その一つとして非破壊検査技術が挙げられる。本研究は、非破壊検査技術の一つである打音法に着目、欠陥を模した供試体の打音試験を実施し、欠陥状態を判別可能な打音特徴量関数の提案に向けた基礎的研究を行った。

2. 供試体実験概要

本実験で用いた供試体の概念図を図-1に示す。人工欠陥として内部空洞を模した発泡スチロールを中央部に埋設した角柱モルタル供試体を対象とし、発泡スチロールの厚さ(D)と、発泡スチロールの埋設深さ(H)を変化させた供試体と、発泡スチロールを埋設していない供試体を製作した(表-1)。

打撃ハンマはインパルスハンマとし、打撃点は供試体中央部とする。支持条件は、供試体の両端から5cmの位置をL型断面の金属棒で鉛直支持をしている。受信センサとしてマイクロフォンと加速度計、またデータアナライザとして小野測器のFFTアナライザCF7200(サンプリング周波数20kHz)を用いた。電圧(音圧)と加速度の評価点は打撃点から水平方向にそれぞれ3cm、4cmとする。尚、電圧及び加速度は荷重の最大値から除算し、単位荷重当たりの値に正規化を行ったものを実験データとして採用するものとする。

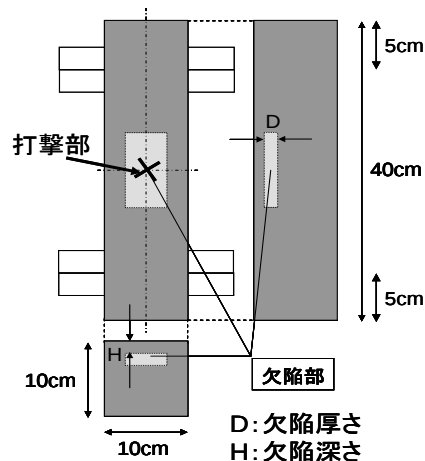


図-1 供試体概念図

表-1 製作供試体一覧

		D(cm)				
		なし	1.0	1.5	2.0	2.5
H(cm)	なし	○				
	0.5			○		○
	1.0			○		○
	1.5		○	○	○	○
	2.0		○		○	○

3. 着目する特徴量とその考察

着目する特徴量の判定を行うため、以下のパラメータを定義する。既往の研究より、配合の変化により打音特性が変化するため、健全な供試体との相対差を考慮したパラメータの提案を行うものとする。

3.1 ピーク値パラメータ

電圧及び加速度の最大値を w としたとき、ピーク値パラメータ P_w を式(1)の様に定義し、その結果をまとめたものを表-2に示す。表中下の値がピーク値パラメータを表している。

$$P_w = w_{\text{欠陥}} - w_{\text{健全}} \quad \cdots (1)$$

全てのケースにおいて $w_{\text{欠陥}} > w_{\text{健全}}$ がいえるため $P_w > 0$

の場合に欠陥であることがいえる。欠陥の状態の判別においては、スペクトル値が増加するケース(D2.0, D2.5)と減少するケース(D1.0, D1.5)があり困難だといえる。

3.2 減衰パラメータ

電圧及び加速度の最大値から10周期後の対数減衰率を δ とし、減衰パラメータ P_δ を式(2)の様に定義し、その結果をまとめたものを表-3に示す。

表-2 ピーク値パラメータ結果

電圧		D(cm)				
		なし	1.0	1.5	2.0	2.5
H(cm)	なし	22.42	---	---	---	---
	0.5	---	698.14 675.72	---	345.82 323.40	---
	1.0	---	33.67 11.25	---	47.96 25.54	---
	1.5	---	31.56 9.14	38.52 16.10	34.91 12.49	41.35 18.93
	2.0	---	34.31 11.89	---	33.61 11.20	36.79 14.37

加速度		D(cm)				
		なし	1.0	1.5	2.0	2.5
H(cm)	なし	0.25	---	---	---	---
	0.5	---	---	29.32 29.07	22.94 22.69	---
	1.0	---	---	1.72 1.47	2.85 2.60	---
	1.5	---	1.57 1.32	1.84 1.59	1.46 1.21	1.67 1.43
	2.0	---	0.67 0.42	---	0.43 0.18	0.59 0.34

キーワード 打音法, 維持管理, 非破壊検査

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1

$$P_{\delta} = \delta_{\text{欠陥}} - \delta_{\text{健全}} \quad \cdots(2)$$

表中下の値が減衰パラメータを表しており、表-3 から加速速度の減衰パラメータは欠陥の有無の判定は可能である。しかし、電圧による欠陥の有無の判定は困難と考えられる。また両ケースにおいても、欠陥の状態の判定は困難であると考えられる。ここから、減衰による欠陥の判定は困難であると考えられる。

3.3 周波数パラメータ

電圧及び加速度をフーリエ変換したグラフの一部を図-2 示す。この図から明らかなように、低周波数域(8kHz まで)の周波数特性は非常に酷似している。このことから欠陥の特徴量は高周波数域に集中していると考えられるため、8kHz 以上の領域でのピーク周波数を卓越周波数 f と称し、周波数パラメータを式(3)の様に定義し、その結果をまとめた表を表-4 に示す。

$$P_f = f_{\text{欠陥}} - f_{\text{健全}} \quad \cdots(3)$$

表中下の値が周波数パラメータを表し、表-4 より D が大きくなり H が小さくなるほど P_f は大きくなることがわかった。

た為、周波数パラメータは欠陥の進行程度を表すには良いパラメータであることがわかる。しかし、値に正負が存在するため欠陥の有無の判定には向かない。

4.2 スペクトル値パラメータ

周波数パラメータで用いた卓越周波数のスペクトル値を s として、卓越周波数パラメータを式(4)の様に定義し、その結果をまとめた表を表-5 に示す。表中下の値がピークスペクトル値パラメータを表している。

$$P_s = s_{\text{欠陥}} - s_{\text{健全}} \quad \cdots(4)$$

このパラメータにおいては健全の値は微小であり、そこから欠陥の有無の判定に使用できると判断できる。また H が大きくなるほど P_s は小さくなるため、欠陥深さの判定は行えるが、欠陥厚さの変化によるパラメータの変化は一定とはいえないため、状態を判定するには望ましくないと考える。

5. ごく浅い場所に存在する欠陥に関して

H0.5cm の2 ケースは、周波数特性が異なるため例外に成り易く、別途考察が必要であることがわかった(図-3)。D が大きくなるほど、スペクトル値が小さく、ピーク周波数が高くなることはいえる。

6. まとめ

本研究の成果をまとめると以下のようなになる

- (1) 欠陥の有無の判定は、ピーク値パラメータ及びピークスペクトル値パラメータを用いれば良い
- (2) 欠陥の進行程度の判定は、周波数パラメータによって判定することができる。

表-3 減衰パラメータ結果

電圧	D(cm)				
	なし	1.0	1.5	2.0	2.5
なし	13.29				
0.5			10.61 -2.67		19.15 5.89
1.0			12.56 -0.72		16.3 3.01
1.5		12.79 -0.49	14.27 0.99	11.72 -1.56	17.35 4.06
2.0		9.96 -3.33		15.36 -2.07	22.36 -1.93

加速度	D(cm)				
	なし	1.0	1.5	2.0	2.5
なし	7.95				
0.5			15.55 7.60		15.34 7.39
1.0			11.80 3.85		28.33 20.37
1.5		16.89 8.94	15.99 8.04	19.99 9.83	17.78 9.83
2.0		14.57 6.62		1.88	15.33 7.38

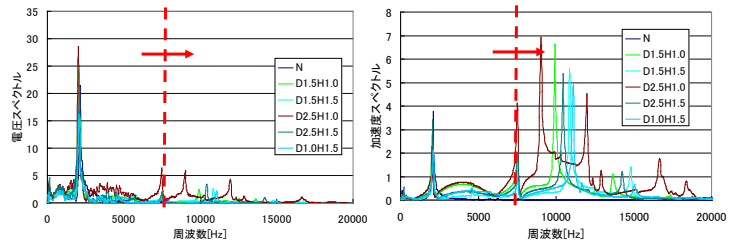


図-2 周波数特性

表-4 周波数パラメータ結果

電圧	D(cm)				
	なし	1.0	1.5	2.0	2.5
なし	8875				
0.5			8281 -594		8094 -781
1.0			9937 1062		9031 156
1.5		11062 2187	10875 2000	10438 1563	10438 1563
2.0		11594 2719		11344 2469	10563 1688

加速度	D(cm)				
	なし	1.0	1.5	2.0	2.5
なし	10437				
0.5			8000 -2437		10031 -406
1.0			9906 -531		9000 -1437
1.5		11062 626	10875 2000	10438 1563	10438 1563
2.0		11594 1137		11313 876	10562 125

表-5 スペクトル値パラメータ結果

電圧	D(cm)				
	なし	1.0	1.5	2.0	2.5
なし	0.21				
0.5			5.56 5.35		14.20 13.99
1.0			2.34 2.13		5.89 5.68
1.5		2.26 2.05	2.55 2.34	1.98 1.77	3.49 3.28
2.0		2.09 1.88		1.00 0.79	2.06 1.85

加速度	D(cm)				
	なし	1.0	1.5	2.0	2.5
なし	0.001				
0.5			5.44 5.43		9.96 9.95
1.0			6.61 6.6		6.9 6.89
1.5		4.85 4.84	5.56 5.55	4.67 4.66	5.35 5.34
2.0		2.92 2.91		1.78 1.77	1.47 1.46

