

打撃応答特性を自己組織化マップに適用したコンクリート内部の欠陥領域評価

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○野内彩可
 長岡工業高等専門学校 正会員 村上祐貴
 長岡工業高等専門学校 非会員 井山徹郎
 長岡工業高等専門学校 正会員 池田富士雄
 長岡工業高等専門学校 非会員 外山茂浩

1. はじめに

コンクリート構造物の点検手法の一つとして、打音検査がある。打音検査は、打撃により生じる打撃音の「清音」や「濁音」といった音色を聞き分けることで、目視では確認できないコンクリート内部の健全性の評価を行う点検手法である。しかしながら、打音検査は点検者による官能試験であるため、点検者の技能レベルや経験に、点検結果が左右されるという問題がある。

著者らはこれまでに、コンクリート内部欠陥の定量的評価手法の確立を目標に、インパルスハンマと加速度センサを使用して、打撃試験から得られた周波数応答関数（伝達関数）を用いて、欠陥の大きさや深さといった欠陥性状の評価に取り組んできた。しかしながら、この評価は欠陥の中心部直上におけるコンクリートの打撃応答特性の評価にとどまり、実務では最も重要な情報となる内部欠陥の領域を評価するまでには至っていない¹⁾。

そこで本研究では、内部欠陥を模擬した人工欠陥を埋設した試験体を対象として打撃試験を行い、取得した周波数応答関数を自己組織化マップ（Self-Organizing Maps, 以下、SOM）に適用することで、コンクリート内部の欠陥領域の評価を試みた。

2. 実験方法

試験体概要を図-1に示す。試験体は長さ900mm、幅900mm、高さ180mmの小型の床版試験体である。試験体内部には、内部欠陥を模擬した人工欠陥（スチレンボード）を複数個埋設している。本実験では、欠陥の大きさ、深さ、厚み、形状といった欠陥パラメータが打撃応答特性に及ぼす影響について検討するため、パラメータの異なる人工欠陥を埋設した計6体の試験体を作成した。

打撃の入力にはインパルスハンマを用い、打撃による表面振動の測定には、加速度センサを用いた。打撃点は、

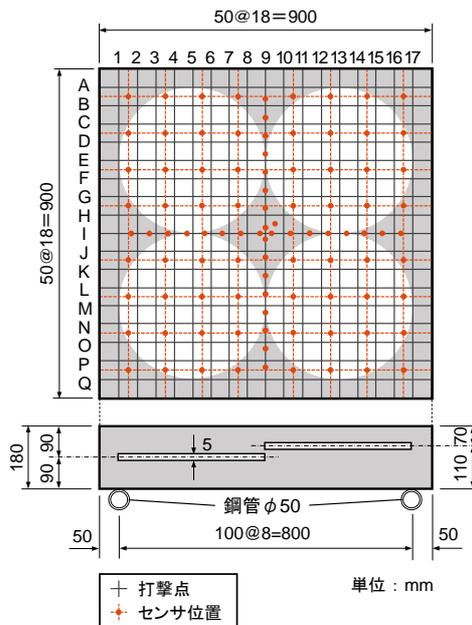


図-1 試験体概要

図-1に実線で示す50mm間隔メッシュの交点とし、加速度センサは、打撃点から35mm離れた位置に、厚さ0.4mmの粘着テープを用いて設置した。なお、試験体は、両端部から50mmの位置をφ50mm、長さ100mmの鋼管パイプ上で支持した（図-1）。

3. 実験結果

3.1 自己組織化マップ

自己組織化マップ（SOM）とは、Kohonenによって提案されたニューラルネットワークアルゴリズムの1種であり、多次元データ間の類似性を2次元的に可視化することが可能である。

SOMの作成にはViscovery SOMine 7.0を使用し、ノード数2000、テンション（近傍半径）0.5、クラスタ数は12、クラスタ手法はSOM-Wardに設定した。入力データには打撃試験により生じる周波数特性のばらつきを考慮し、

キーワード 非破壊検査, 打撃応答特性, 周波数応答関数, 自己組織化マップ

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町888番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

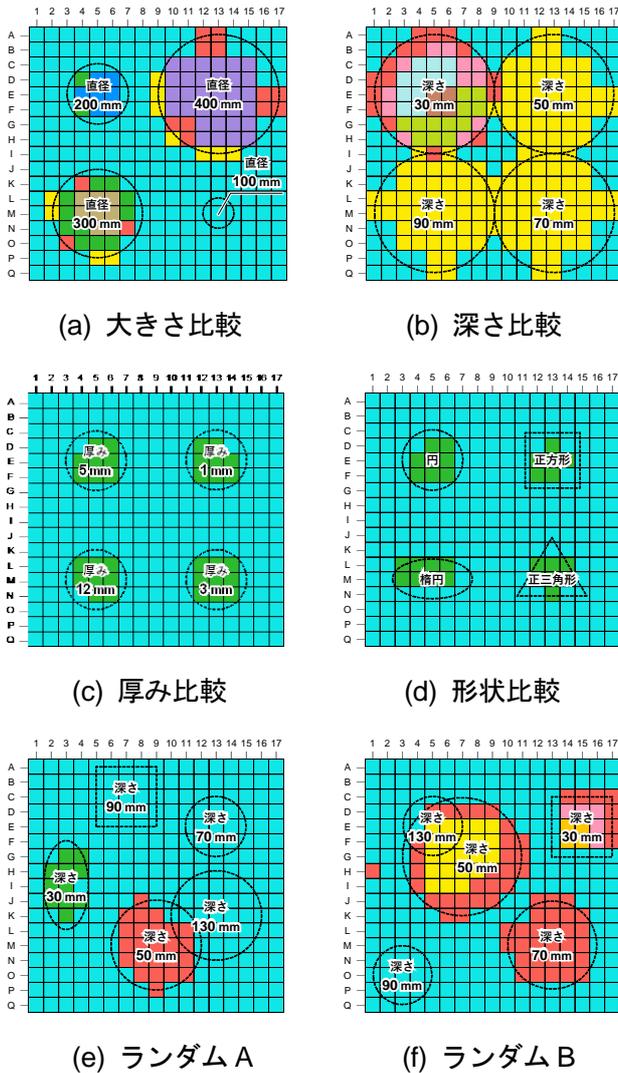


図-2 SOMによるクラスタリング結果

周波数応答関数を設定区間ごとに積分することで得られる周波数応答面積を用いた。SOMに用いる入力データには、図-2に示す計6体の試験体の打撃試験結果を用い、打撃による加振スペクトルの信頼性を考慮し、0~8 kHzの周波数応答関数から0.1 kHz 間隔で周波数応答面積を算出した、計80次元の周波数応答面積データを用いた。

3.2 欠陥領域の評価結果

本実験で使用している試験体は比較的小型のため、打撃位置の違いにより試験体上の境界条件の影響を受ける。そのため、試験体上の打撃位置の違いによる境界条件の影響が現れやすい0~1.5 kHz 区間の重みを0.7とし、特に内部欠陥の影響が現れやすい1.5~6 kHz 区間の重みを1.5、6~8 kHz 区間の重みを1.0としてSOMを作成した。

図-2にSOMにより得られたクラスタリング結果を試験体上の打撃位置に対応させたグレーディングマップを示す。また、表-1に各欠陥の欠陥検知率を示す。ここで欠陥検知率は、各欠陥の面積(1マスに5割以上欠陥を有

表-1 各欠陥の検知率

試験体名	形状	厚み t (mm)	深さ d (mm)	大きさ φ (mm)	欠陥検知率
(a) 大きさ比較	円	5	50	φ 100	0%
				φ 200	100%
				φ 300	88%
				φ 400	87%
(b) 深さ比較	円	5	30	φ 400	100%
			50		87%
			70		87%
			90		87%
(c) 厚み比較	円	1	50	φ 200	89%
		3			100%
		5			89%
		12			89%
(d) 形状比較	円	5	50	φ 200 mmの円形欠陥と等面積	89%
	正三角形				78%
	正方形				67%
	楕円				64%
(e) ランダムA	楕円	5	30	150:300	73%
	円		50	φ 300	88%
	円		70	φ 200	0%
	正方形		90	200	0%
	円		130	φ 300	0%
	円		130	φ 200	0%
(f) ランダムB	正方形	5	30	200	71%
	円		50	φ 400	98%
	円		70	φ 300	96%
	円		90	φ 200	0%
	円		130	φ 300	0%
	円		130	φ 200	0%

するブロック数)を各欠陥の面積内において、欠陥と評価されたブロック数で除すことで求めている。深さ50 mm以上の欠陥は、直径100 mmの欠陥を除き、全ての欠陥で欠陥領域を大別できており、図-2(b)に示す深さ比較試験体は欠陥深さ90 mmまで欠陥を評価できている。一方、欠陥の大きさが直径300 mmの円形欠陥よりも小さく、深さが70 mm以上の欠陥については、全く評価できていない。この要因の一つとして、加振力の不足が考えられる。

以上より、本実験の範囲内においては、多少のばらつきはあるものの、周波数応答関数全体を自己組織化マップに適用することで、大きさは200 mm、深さは90 mmの欠陥まで内部欠陥の領域評価が可能であった。

今後は実構造物への適用へ向け、より多くのデータを用いてSOMを作成し、SOMによる欠陥評価モデルの作成について検討を行う予定である。

4. まとめ

本実験の範囲内においては、周波数応答関数全体を入力データとして周波数領域の重み付けを変化させた自己組織化マップに適用することで、大きさは200 mm、深さは90 mmの欠陥まで内部欠陥の領域評価が可能であった。

参考文献

1) 野内彩可, 村上祐貴, 井山徹郎, 池田富士雄: 打撃による加振特性を考慮した周波数応答関数に基づくコンクリート内部の欠陥評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.2133-2138, 2016.7