

打音法によるコンクリート内部の欠陥検出手法の検討

奥村組 正会員 ○川口昇平
 奥村組 正会員 東 邦和
 奥村組 廣中哲也

1. はじめに

打音法は AE 法、超音波法、衝撃弾性波法と同様にコンクリート内を伝わる弾性波を利用する非破壊検査である。ハンマーや鋼球の衝撃により弾性波を発信し、その作用により生じる表面振動を空気を介してマイクロフォンなどの非接触型センサーで計測するため、他の弾性波法に比べ、簡便で迅速な計測が可能であり、コンクリートの浮き、剥離、ひび割れ、空洞およびジャンカなどの内部欠陥の評価に用いられている。しかし、その一方で、打撃装置とマイクロフォンの性能により得られる情報が異なるため、画一された判定基準は存在しないのが実情である。本研究では、空洞のサイズと深さの異なる試験体を用いて、打音法の共振現象による周波数応答（周波数帯特性とスペクトル強度面積）に着目した測定方法および測定精度について検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体

図1に試験体形状、表1に空洞寸法を示す。
 側面に被り25~100mm、サイズ100mm~300mmの欠陥を模擬した欠陥（発泡スチロール）のある試験体を作製し、打撃音の測定を行う。（図1）

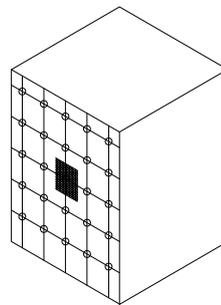


図1 供試体形状
 (黒い箇所は欠陥を設置)

表1 空洞寸法

供試体 No.	空洞サイズ	かぶり厚	空洞厚
供試体 ①	100mm × 100mm	50mm	10mm
	150mm × 150mm		
	200mm × 200mm		
	300mm × 300mm		
供試体 ②	200mm × 200mm	25mm	10mm
	200mm × 200mm	50mm	
	200mm × 200mm	75mm	
	200mm × 200mm	100mm	

2.2 打音測定方法

打撃音の測定は、一般的に行われている格子状に測点を設け、その点を打撃して判定を行う方法(以後、検査1)と、人間が行うたたき検査と同様に検査面を均一に走査させる方法(以後、検査2)の2種類の測定方法を施した。測定はφ25mmの鋼球により一定の力で打撃を加える自動打撃装置と、打撃音をマイクロフォンで収録し、周波数解析する装置を用いておこなった。試験は十分に広い屋内で行った。

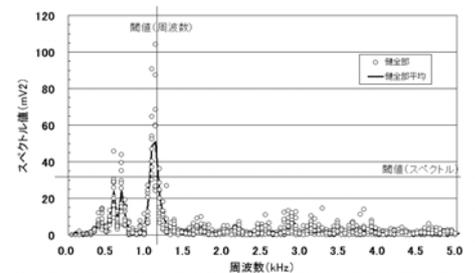


図2 健全部の集音データと閾値
 (■の箇所が閾値範囲)

3. 実験結果

3.1 周波数帯特性による判定

欠陥の検出は集音データをFFT計算したものに閾値を設定し、その範囲に入ってくる特定の周波数を発する箇所を欠陥として検出する。図2に健全部の集音データと閾値、図3に異常部のデータの例、表2に検査1の判定結果を示す。欠陥中心での判定では、辺長200mmの欠陥サイズであれば、深さ75mmまで判定可能である(図3参照)。逆に辺長100mm以下の欠陥検知は周波数による方法では難しい。

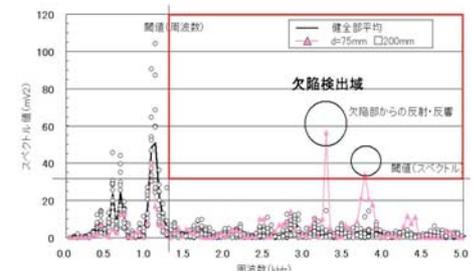


図3 異常部の集音データと閾値
 (○の箇所が異常として検出)

欠陥の大きさからみると、辺長150mmでは深さ50mmまで検出可能であるが、欠陥中心から10cm離れた位置では検知しないため、検出したい欠陥規模に応じた、密度の高い検査が必要と考えられる。

キーワード 打音法, 共振現象, 周波数応答, 周波数解析, 空洞

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂387 ㈱奥村組技術研究所 TEL029-865-1521

次に、表3に検査2の判定結果を示す。検査2は欠陥のある壁面に対し、ランダムに打音装置を走査させて行うため、欠陥面積に対する検出面積の100分率で評価を行った。閾値の設定による影響が特に大きかったのは被り50mm、辺長150mmの場合で、閾値を高くすると、欠陥として診断される範囲が急激に狭くなる。供試体②の、被り100mm、辺長200mmの場合に、閾値を32mV²に上げると異常が検出されなくなった。

これらの結果より、閾値の設定が高過ぎると欠陥が見落とされ、低過ぎると健全部も欠陥とみなされるので、検出したい欠陥規模に応じて適切な閾値を設定する必要があると考えられる。

3.2 エネルギー値による判定の考察

FFT計算したスペクトルを積分したエネルギー値を求め、その値に閾値を設定して判定する方法がある。被り25mm 辺長200mmの欠陥については、欠陥部を中心に、健全部に比べエネルギー値が全体的に高くなる傾向が見られた。しかし、深さ50mm、75mm、100mmの欠陥中心から外れた箇所では、健全部より明らかにエネルギー値が少ないケースが見られた。図4に欠陥かぶりと打音エネルギー値の分布を示す。

これらは打撃点において、たわみ共振を起こさない、塊状欠陥となっていると考えられる。図5にかぶり50mm、辺長100mmと150mm欠陥のスペクトル分布の平均値を示す。健全部の平均値と、中心以外の箇所データの平均値を比べると、0.6、1.1kHz付近のスペクトルピーク値が、健全部に比べて小さいのが分かる。しかし、他の周波数帯ではほぼ同じ波形となっており、0.6、1.1kHz付近でエネルギーが失われていることが考えられる。このことからある程度深い位置の欠陥およびある程度より小さな欠陥では、振動よりも波動伝播による周波数応答が発生しやすくなり、界面で反射が起こればエネルギー値が大きくなり、透過および散乱すると逆に小さくなるものと考えられる。

4. まとめ

以下に今回の打音装置による検出結果についてまとめる。

- ① 本機械の周波数を利用した判定法では、閾値の設定次第で、100mm程度の深さの欠陥を判定可能である。
- ② 本機械のエネルギー値による判定では、閾値により欠陥を一意的に判定することが出来ない可能性がある。
- ③ 格子を設定して検査する場合(検査1)、概ね検出したい欠陥規模と同程度のピッチでの検査が必要である。
- ④ 人間によるたたき検査と打音検査の精度の違い、および検査速度についての検証を行う必要がある。
- ⑤ 今後室内での試験結果をもとに、屋外で風、自動車騒音等を考慮した適切な閾値を検証する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会 弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関する委員会報告およびシンポジウム論文集

表2 判定結果(検査1)

欠陥のサイズ		中心部の判定	欠陥中心から10cm離れた位置での判定	欠陥中心から20cm離れた位置での判定
深さ	サイズ			
25	200×200	異常	7/8箇所異常	6/16箇所異常
50	200×200	異常	健全	2/16箇所異常
75	200×200	異常	健全	健全
100	200×200	健全	健全	健全
50	100×100	健全	健全	健全
50	150×150	異常	健全	健全
50	200×200	異常	健全	健全
50	300×300	異常	6/8箇所異常	健全

表3 判定結果(検査2)

供試体パターン		エネルギー閾値		
		18mV ²	25mV ²	32mV ²
供試体①	被り50mm 辺長100mm	異常	9	4
	被り50mm 辺長150mm	異常	81	38
	被り50mm 辺長200mm	異常	34	53
	被り50mm 辺長300mm	異常	68	56
供試体②	被り25mm 辺長200mm	異常	101	104
	被り50mm 辺長200mm	異常	46	44
	被り75mm 辺長200mm	異常	15	29
	被り100mm 辺長200mm	異常	29	22

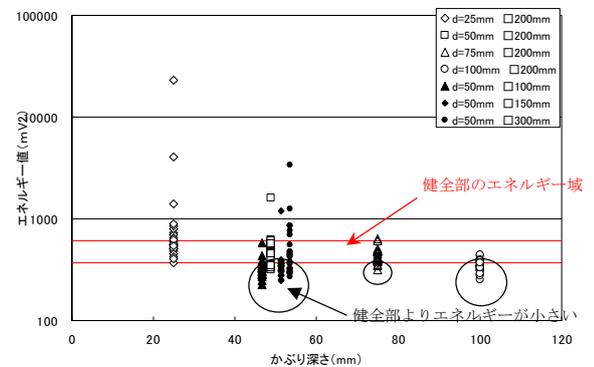


図4 かぶりとエネルギー分布

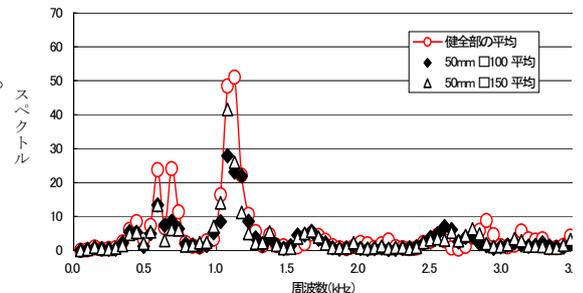


図5 スペクトルの損失の例