

打音法を用いたコンクリート部材の浮き範囲の検出手法の検証

(株)シーテック 正会員 ○鈴木 世二
 (株)開発設計コンサルタント 博士(工学) 野嶋 潤一郎
 電源開発(株) 博士(工学) 石川 嘉崇

キーワード：打音法，調査診断，浮き範囲，塩害劣化，モニタリング

1. はじめに

塩害劣化を受けた鉄筋コンクリート構造物の断面修復補修などの範囲選定は、従来、熟練調査技術者が打検ハンマーを用いてコンクリート表面を打診し、打音と指触感覚により浮きの有無および範囲、浮き厚さを識別している。これでは、調査技術者の技量や経験に左右され、定性的な感覚による判断であるため、再現性に乏しく定量的なデータを取得することが困難である。また、補修にあたり浮き範囲の調査結果に基づいた補修範囲の選定は重要な要素であるため精度向上が求められている。

そこで、打音法を用いた非破壊調査により、コンクリート浮き範囲の検出に関する調査手法の検証実験を行った。

2. 打音法の原理

打音法の原理は図-1に示すように下記のとおりであり、調査機器を写真-1、機器の仕様を表-1に示す。

1) 打撃力を検出できるインパルスハンマーを使用し、周囲の騒音をさえぎるフード付きマイクロフォンで打撃時に発生する曲げ振動を音で捉える。

2) この曲げ振動の大きさから、内部欠陥(浮き)までの深さや部材厚さを評価し、浮きなどの有無を検出する。

3) 打撃力振幅値(F max)で打撃音振幅値(P max)を正規化することにより、コンクリート部材の内部欠陥までの深さあるいは部材厚さを定量数値化する。

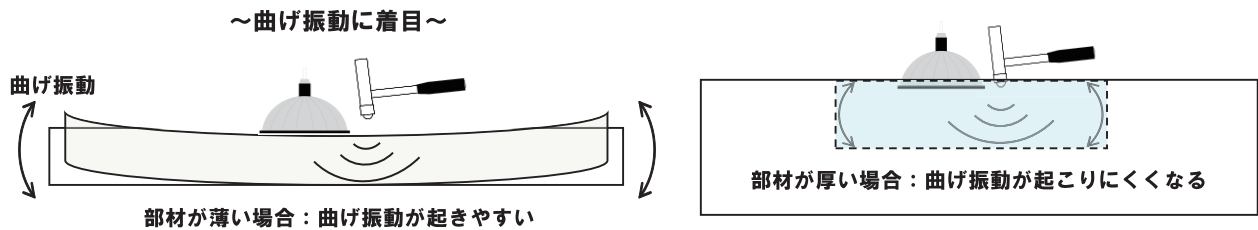


図-1 測定原理



写真-1 調査機器

表-1 機器の仕様

項目	名称	仕様	
打撃	インパルスハンマー	周波数範囲	8kHz
		感度	2.2mV/N
打撃音測定	マイクフォン	周波数範囲	20Hz~10kHz
		音圧感度	-36dBV/Pa
収録	モバイルパソコン		
	AD変換装置		
	波形収録プログラム		

3. 試験体での検証

コンクリート内部に発泡スチロールを埋め込み、模擬空洞を製作し、打音法による模擬空洞位置の検出可否の検証を行った。模擬試験体は図-2に示すように、上面を斜形とし、コンクリート内部に発泡スチロールを水平方向に埋設しているため、コンクリート上面からの空洞位置は50mm間隔で変化しており、埋設端部から15~110mmの範囲で比例的に深さが変化する空洞形状となっている。

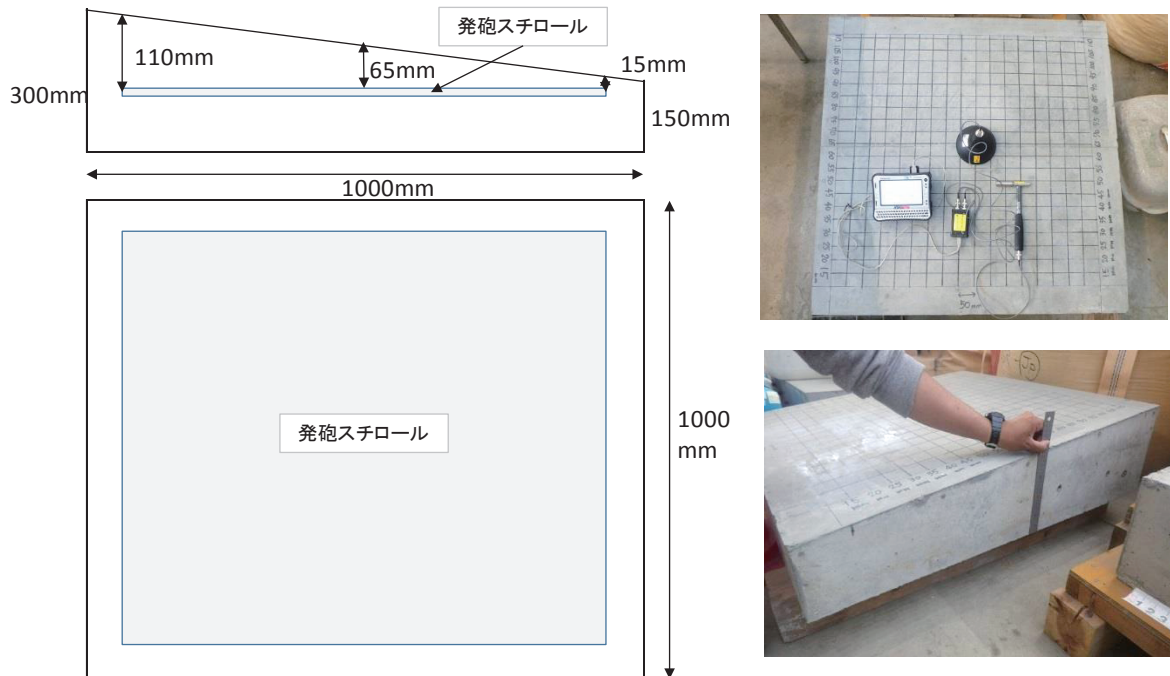


図-2 試験体でのコンクリート内部の空洞有無および空洞位置検出精度の検証

打音法による空洞位置の測定結果は表-2に示すように、実測値に対して数ミリの差が生じているが、コンクリート上面からの空洞位置の差異を検出することが可能であり、インパルスハンマーにより空洞の有無およびコンクリート表面からの位置を確認することができる。なお、両端部での誤差が大きい傾向にあるのは、端部は拘束が小さく曲げ振動が大きくなる傾向にあるため、中央部との値に差が生じたと考えられる。

表-2 試験体による空洞位置の検証結果

種別	試験体厚(mm)		測定値 (mm)	差 (mm)
	空洞位置	中央値		
空洞あり	15~25	20	31	11
	60~70	65	65	0
	80~90	85	90	5
	95~105	100	127	27
空洞なし	200	200	263	63

4. 実構造物での検証

塩害劣化を受けた栈橋上部工コンクリート（主桁、桁および梁）を対象とし、打音法による浮き検出の有無の検証を行った。検証方法は、写真-2に示すように部材側面を調査技術者がハンマー打診し、浮き範囲を選定しマーキングする。次いで、格子ポイント（50mmピッチ）を測定点とし、打音法によりコンクリート部材厚を測定し、健全と浮きの差異を検証した。



写真-2 実構造物での調査状況

調査技術者がハンマー打診により浮きと判断した部位と健全部位では、表-3に示すように、打音法による数値に差があり、測定結果であるコンクリート厚の差異を得ることが出来た。なお、実構造物は端部拘束を受けているため、曲げ振動が生じにくく、測定値は実際の部材厚とは異なるが、健全と浮きでは100mm程度の差を得ることが出来た。また、技術者により浮きと判断した部位での打音法による部材厚は小さい傾向にあり、技術者が判定した範囲と打音法によって得られた範囲が整合している。

表-3 打音法による部材厚さの検証結果

BL	部材	位置	測定結果(部材厚さ:mm)						
			健全部			浮き部			差(平均値)
			最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	健全-浮き
9	桁	No.29-35	344	194	321	272	150	199	122
	梁	No.33-32	316	178	251	343	72	182	69
	梁	No.35-36	248	248	248	206	116	155	93
	主桁	No.36-30	318	191	267	267	84	172	95
5	梁	No.23-24	256	150	223	269	96	162	61
	桁	No.22-28	356	239	316	287	122	195	121
	主桁	No.36-30	350	248	306	338	94	241	65
	梁	No.12-11	493	256	336	349	88	216	120
4	主桁	No.32-26	405	229	320	354	92	172	148
	主桁	No.12-6	355	301	326	319	154	214	112
平均値			344	223	291	300	107	191	101

表-4は、梁側面での打音法による部材厚さ(mm)と写真に示すハンマー打診による識別範囲(斜線部)での関係を整理したものであり、浮きであると識別した範囲では、打音による値(表中の斜字)が小さい傾向にあり、ハンマー打診による識別範囲と打音法によって得られた範囲が整合していることが分かる。よって、打音による取得データによりコンクリート部材において、技術者が検出可能な浮きと同等範囲を検知することが可能であると判断できる。

表-4 梁側面を対象とした打音法による検証結果



測定結果(推定部材厚さ)(mm)																	
	測定列																
測定行	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A	199	183	228	228	170	126	166	128	109	185	123	133	103	150	131	162	113
B	234	221	212	212	175	157	96	100	96	110	118	128	129	182	159	160	133
C	256	229	244	244	219	250	307	251	254	150	211	187	225	220	243	227	245
D	232	269	185	185	167	159	215	252	211	209	187	181	179	141	178	182	240

平均値 浮き(斜字) **162**
健全(直字) 223

5. まとめ

本検証にて打音法により浮きの有無および範囲を検出することが可能であることがわかった。これにより、限定された熟練技術者に頼ることなく、劣化による浮きや施工欠陥による空洞などの検知が可能となり、定量的なデータを得る可能性が見出された。また、劣化範囲や断面修復補修後のモニタリングが可能となり、経年変化を把握することが出来る。さらに、劣化部位の断面修復補修工事において、調査技術者による劣化範囲選定の精度向上を図るための有効な手段であると考えられる。

今後の課題としては、以下が挙げられる。

- 1) 打音法により得られた部材厚は実測値と乖離しているため、曲げ振動補正係数などにより、実測値に近似させる。
- 2) 各部材により健全と浮きの厚さ閾値を設定し、浮き範囲の検出を一般作業員でも可能にする。
- 3) 測定値をモニターでマップ化し、浮き範囲を視覚化する。
- 4) 浮きと検知された場合に測定器が識別し、ランプやブザー方式にし、現場で簡易に判別できる手法とする。

最後に、本検証にご協力頂きました佐藤工業(株)の歌川氏、北川氏には厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐藤工業株式会社 ホームページ
- 2) 佐藤工業(株)技術研究所報 No. 34, 2009