既設コンクリート構造の SIBIE 法による欠陥評価

熊本大学工学部環境システム工学科 学生会員〇田篭慶一熊本大学大学院自然科学研究科博士前期課程 学生会員 山田雅彦熊本大学大学院自然科学研究科博士前期課程 学生会員 大久保太郎熊本大学大学院自然科学研究科教授 正会員 大津政康

1. 序論

供用中のコンクリート構造物に顕れる早期劣化が社 会的問題となり現在、既設構造物の維持管理が重要視 されている。コンクリート構造物の非破壊検査手法の 一つであるインパクトエコー法において得られる周波 数スペクトルを用いて、弾性波の反射・回折の影響を 画像化し、欠陥部を評価する SIBIE を研究中である。 実験用供試体を用いた研究では、欠陥検出に関して有 効性の高い実験データを得ている¹⁾。本研究では、 SIBIE 解析を供用中の実構造物に適用し、有効性の検 討を行った。

2. 実験概要

八代日奈久道路・平山日奈久高架橋の橋脚耐震補強 が施されている箇所を実験対象とし、SIBIE 法の適用 によりひび割れ深さと内部の剥離箇所の検出を行った。 その写真を図-1 に示す。実験項目は、インパクト入力 試験および表面法による弾性波速度試験である。これ らの実験内容について以下に示す。

(1) インパクト入力試験

ひび割れ部については、ひび割れを挟んでそれぞれ 50 mmの位置に衝撃入力点と加速度計による検出点を設 けた。剥離箇所では、剥離部直上を衝撃入力点として、 入力点を挟んで間隔 50 mmで検出点を設けた。測定は、 全ての測定箇所において 5 回実施し、測定中には検出 波形を目視で確認し、雑音と認識された波形データは 除去することにより、各測定点で5 個の波形データを 収録し、その実験データをもとに対象構造物の SIBIE 解析を行った。

(2) 弾性波速度試験

SIBIE 解析に必要なコンクリートの物性値は P 波の 伝播速度だけである。そこで弾性波速度測定装置 (NIM-02,マイル社製)を用いて表面法で、1 点を出力点 として、その点から 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cmと 4 箇 所の出力点でそれぞれ伝播時間を 10 回測定し、距離と 時間の平均勾配から P 波の伝播速度を求めた。

(3)供試体を用いた弾性波速度試験 既設の 100 mm×100 mm×400 mmのコンクリート角柱を 用いて現場試験と同じ方法で表面法による P 波の伝播 速度を求めた。さらに透過法による P 波の伝播速度を 求め、それぞれの速度を比較することにより弾性波速 度決定の問題点の検討を行った。





図-1 測定点の写真

3. 解析

インパクトエコー法によれば図-2 に示すように板厚 による共振周波数 f_{i} 、内部欠陥反射による f_{crack} が出現す るとされている。供試体中を伝わる P 波の伝播速度を C_p とすると、出現するピーク周波数は図-1 に示す値を 用いることにより以下の式で表される。



図-2インパクトエコー法における欠陥検出の原理 周波数スペクトルのピーク周波数は、理論的には入

力された弾性波が不連続面で反射することにより生じ る。しかし、実際には様々なスペクトルピークが現れ、 どれがft.fcrackであるかの判断は困難である。そこで、 供試体断面での弾性波の反射位置を画像化するために スペクトルイメージング: SIBIE(Stack Imaging of spectral amplitudes Based on Impact Echo)という画像処理法を考 案した。まず手順としては図-3 に示すように解析対象 の断面を正方形要素に分割しモデル化する。次に、分 割された各要素の中心からの弾性波の反射による共振 周波数を求める。その際、弾性波は入力点から要素中 心そして出力点といった伝播経路を通るが、その最短 伝播経路をRとすると式(3)のように表される。その周 波数における相対振幅値を、インパクトエコー法によ って得られた周波数スペクトルから算出し、足し合わ せることによって要素値とし、各要素からの反射の強 さとして 2 次元画像化して表される。また解析におけ る上限周波数は40kHzとした。



(3)



図-3 SIBIE 解析イメージングモデル

4. 結果·考察

3本の角柱供試体を用いた弾性波速度試験の結果を 表-1に示す。また、八代日奈久道路の高架橋に対して 実施した SIBIE 解析の結果を図-4,図-5,図-6に 示す。

	供試体NO.1	供試体NO.2	供試体NO.3										
透過法	4280	4360	4320										
表面法	3430	3340	3590										





図-4 剥離がある箇所の SIBIE 解析図



図-5 継ぎ手部の SIBIE 解析図

					N		$\left(\right)$						Ν						\square	7					Z			T
Ν	6		\checkmark		$\mathbf{}$		t		5	5	Г			-					-	1	4	K		1	\setminus	IJ		
1	1			V			Γ.			7.1	. (5	\langle	\langle	(-	Ζ	7	Г	\vee		\wedge	Y)		L
Ν	L		5		\mathbb{Z}		\sum	$\left[\right]$									/		7		$\left\{ \right\}$		Ν	V		r.		
	Ļ	Ι	Ч	Ρ	\langle	Ν		1		Σ			\sim	۲		~	\langle	1		10	1	J	Γ	Z	V		ſ	
	Ν	Π				V			5	ζ			,	1			1	r	1	/		7	1		ľ	17	1	
										1		/	\mathbf{P}		7		Г	15	1		\mathbb{N}			Y				
		\backslash		Ν	\mathbb{Z}				Ń	Κ				1		11	\sim		1	Z		Z	∇			V		
				L			$\overline{\ }$	Z		4	/	X	N	Y	N	X	~					Ρ		\Box	17			
		7			L					5								5						1	r		/	
			7			L						Γ									/	7		ľ				
		/		Ρ			\mathbb{V}															Γ	Г					\sim
								7						1						1			Г	/				
										J		/	\mathbb{Z}				Z		Ζ		1			\geq	I	V		\mathbb{Z}

図-6曲面で剥離がある箇所の SIBIE 図

供試体における弾性波速度試験の結果から、表面法 では透過法と比較しておよそ2割弾性波速度が遅くな る傾向が見られた。表面法では、境界面による様々な 弾性波の反射が速度に影響を与えていると考えられる。 また、P波ではなく表面波を検出しているとも考えられ る。したがって今回の現場測定での測定速度にも検討 が残された。

SIBIE 解析においては、図-4の結果では、剥離部と 見られる 100 mm付近から下方 20 mmにわたって強い反射 が見られ、これが剥離の幅ではないかと考えられる。 図-5の継ぎ手部でひび割れと剥離が混在する箇所で は、100 mm付近と浅い位置で二つの反射が見られた。た だ、ひび割れと考えられる浅い位置での反射は浮きの 反射と比べて弱くなった。図-6の結果では、図-4と 同様に 100 mm付近に強い反射が見られた。これらの結 果より剥離部は鉄筋かぶり、鉄筋の存在、PC ケーブル に関係なく浮きとして検出でき、ひび割れについては ひび割れ深さとその奥の剥離とも検出可能であること が明らかになった。

6. 参考文献

山田雅彦,渡海雅延,中居陽子,大津政康;SIBIE による PC グラウト未充填部の検出性能の検討,コンクリート高学年児論文集,vol.30,679-684,2008