衝撃・衝突解析ソフトウェアを用いた衝撃弾性波法

の欠陥探査精度の検討

東北学院大学工学部	学生会員	○高橋	良宗
東北学院大学工学部	正会員	李	相勲
東北学院大学工学部	正会員	石川	雅美

1 はじめに

今日のようにコンクリート構造物の供用期間が長く なると、構造物を維持・管理するための耐久性診断が 必要となり、そのための手法の一つとして非破壊検査 が注目されている.

本研究では、動的陽解法を用いた有限要素法構造解 析プログラムである PAM-CRASH を、コンクリート構 造物の欠陥を探査する衝撃弾性波法の解析に適用する. 同じ条件の試験体に対する衝撃弾性波法による寸法測 定を行い解析結果と比較することで解析による衝撃弾 性波法をキャリブレーションする.その後、さまざま な欠陥を設けた解析モデルを用いた衝撃解析を行い、 その結果から衝撃弾性波法による欠陥の大きさや位置 を特定する精度について検討しその結果を報告する.

2. PAM-CRASH の検証解析

PAM-CRASH を用いた数値解析がコンクリート構造物の欠陥を探査する衝撃弾性波法の解析に適用するかを検証した.

2.1 PAM-CRASH による解析

鋼球をモデルに衝突させて弾性波を生じさせ共振周 波数を求めるための解析を行った. モデルは4体作成 (No.1~4)し、大きさは No.1,No.2,No.3 それぞれの長さ を 300mm, 400mm, 600mm, 断面寸法は全モデル一律 で 100mm x 150mm とした. (図-2)また, コンクリー トに内部欠陥を有するモデルを No.4 とし,長さ 300mm, 断面寸法 100mm x 150mm(欠陥の大きさを 70mm x 70mm x 10mm)とした. (図-3) 欠陥位置はモデ ル中央に欠陥の中心を合わせ上部から 75mm の位置に あるものとする. インパクタはモデル No.1 ~3には直 径 20mm, 質量 33g の鋼球, No.4 には直径 10mm, 質量 4g の鋼球(図-1)を用いた. なおどちらも弾性係数 E=200kN/mm², ポアソン比 $\nu = 0.3$ であり, 初速度 30m/sec でモデルに衝突させた. 鋼球とモデルの衝突点 キーワード 衝擊弾性波法 内部欠陥 共振周波数

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1

と測定点は同位置とし,モデル No.1,No.2,No.3 は上部 中心点に, No.4 は上部中心点と中心位置から 100mm 離れた点に鋼球を衝突させた.

2.2 コンクリート試験体を用いた実験

実験で用いた試験体は、図-4 に示すような無筋コン クリートの長方体試験体と図-5 に示すような内部欠陥 を有する長方体の試験体(内部欠陥は 70mm x 70mm x 10mm)である.

試験には表-1に示してあるようにLの寸法が異なる 試験体を3体,欠陥を有する試験体を1体使用した.

2.3 解析結果と実験結果の比較および検証

数値解析では衝撃に対する応答加速度の時刻歴を求 めその結果をフーリエ変換し,共振周波数スペクトル の卓越を求めた.例として No.1のフーリエ変換後の波 形を図-6 (数値解析結果を(a),実験結果を(b)) に示す. また,数値解析結果を表・2 に,実験結果をまとめたも のを表-3 に示す.



東北学院大学工学部環境土木工学科 TEL(022)368-7213

表-2 数值解析結果

モデル	長さ(mm)	共振周波数(Hz)	伝播速度(m/s)
No.1	300	5533	3320
No.2	400	4189	3351
No.3	600	2819	3383
No.4	75	26450	3968
	150	14038	4211

表-3 実験結果

試験体	長さ(mm)	共振周波数(Hz)	伝播速度(m/s)
No.1	300	5151	3090
No.2	400	3892	3114
No.3	600	2592	3110
No.4	75	24140	3621
	150	13900	4170

全てのモデルと試験体において、共振周波数は測定 寸法が長くなる程低周波数になることが確認でき、各 測定寸法に対しての共振周波数が近似値となっている ことがわかる.このことから PAM-CRASH を用いた数 値解析レベルは高い精度であることがわかった.

3. 内部欠陥の位置と大きさの特定

3 つの異なる欠陥幅と, 圧縮強度(弾性係数)を設 定した 3 体のコンクリートモデルで解析を行った. 衝 撃・測定点における応答加速度の時刻歴をフーリエ変 換し, 測定寸法における共振周波数を求めることで欠 陥位置と大きさを特定できるか検証した.

3.1 解析モデルと物性値

直径 20mm, 質量 33g(E=200kN/mm², ν=0.3)の 鋼球を初速度 30m/sec でコンクリートモデルに衝突 させる. なお衝突点は図-7に示す5箇所である.

モデルの大きさは全モデルー律で幅 200mm, 断面寸法 50mm x 100mm とした. なお欠陥幅はモデル No.1,No.2,No.3 それぞれ 25mm,50mm,100mm, 断面 寸法 50mm x 100mm とした. モデルの物性値を表-4 に示す. 密度は 2.35×10^{-6} (kg/mm³), ポアソン比は 0.2 とする.

3.2 解析結果

モデルの各測定位置における測定寸法 80mm と 100mm での共振周波数におけるパワ・スペクトルのピ ーク値の分布(欠陥幅別の物性値 B の解析結果)を図-8 に示す. 表-4 モデル物性値

	圧縮強度	ヤング係数	体積弾性係	せん断弾性係数
	(N/ mm²)	(kN/ mm²)	(kN/ mm²)	(kN/ mm²)
А	18	20.46	11.37	8.51
В	27	25.02	13.90	10.43
С	36	28.90	16.06	12.04

5 aya w







図-8 各位置におけるパワ・スペクトルのピーク値

異なる欠陥幅モデルに対して統一されたグラフ形態 にはならなかったがどの欠陥幅における結果でもグラ フの形態から欠陥の境界を特定することは可能である. 4.まとめ

本研究を通して以下の知見を得た.

- 1)PAM-CRASH を用いた動的解析は、構造物の寸法を 測定するための衝撃弾性波法の適用が可能である.
- 2)今回の数値実験モデルを用いて欠陥の位置や大きさ を精度よく推測することができた.

参考文献

 1) 土木学会:コンクリート技術シリーズ No.61 弾性 波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,2004.8