

衝撃弾性波法を用いたコンクリート構造物の欠陥探査システムの構築

東北学院大学工学部 学生会員 相良 雄三
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、非破壊検査の手法の一つである衝撃弾性波法を用いて構造物の厚さや欠陥などの探査システムを構築し、そのシステムの検証や実構造物への適用を行った。また、厚さ、欠陥位置の測定誤差などについて検討し、本システムの精度向上のための基本的考察を行った

2 システムの概要および実験概要

2.1 測定システム

本測定システムは、受振子（速度計）、データロガー（測定電圧範囲 $0.01mV \sim 50mV$ 、測定時間刻みの範囲 $1min \sim 20\mu s$ ）、ハンマー、波形処理装置としてコンピュータを使用している。（図 2.1）ハンマーによって加えられた衝撃波は、空洞、鉄筋および底面などで反射してくる。この反射波を構造物に密着している加速度計が感知し電気信号に変換する¹⁾。そして、データロガーに入力され波形として映し出される。データロガーのデータをAD変換し、FFT 解析をすることで、共振周波数を検知することができる。この周波数を使用してコンクリートの厚さや剥離までの距離を特定する。

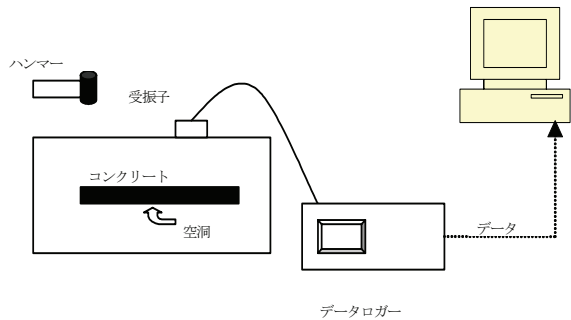


図 2.1 測定システム構成図

2.1 検証実験概要

本研究で用いる衝撃弾性波法は、共振周波数測定の原理を用いた測定方法である²⁾。具体的に図 2.2 で示すように、試験体の片面に受振子を密着させ、受振子にできるだけ近い部分を打撃した。そのとき発生した弾性波を測定し、高速フーリエ変換を行い、共振周波数を測定する。そこで測定された周波数を基に、式（1）を用いて長さを求め³⁾、実際の長さとの誤差を求める。実験で用いた試験体を図 2.3,図 2.4 に示す。図 2.3 の試験体において、強度 $24N/mm^2$ の発現する養生日が 28 日、56 日に分かれており、長さが 80cm、60cm、40cm の 3 種類用意した。図 2.4 の試験体は図 2.3 と同じコンクリートを使用したものである。また実構造物は多賀城市加瀬沼付近の高架橋橋脚を測定した。それを写真 1 で示す。

$$T = \frac{V_p}{2F_p} \quad (1) \quad \text{ここで } d = \text{厚さ} \\ V_p = \text{伝播速度} \\ F_p = \text{共振周波数}$$

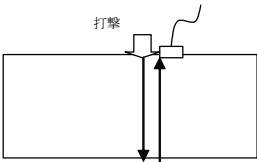


図 2.2 測定概略図

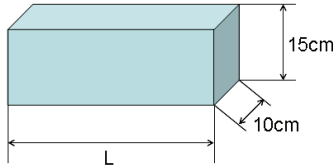


図 2.3 矩形長方形断面

	L
No.1	40cm
No.2	60cm
No.3	80cm

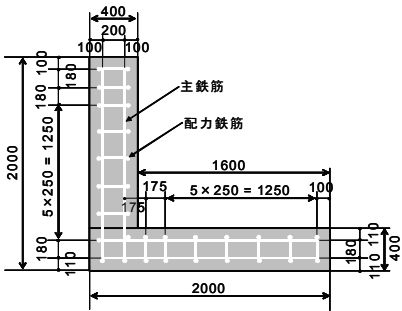


図 2.4 L型擁壁

3 実験結果

3.1 矩形長方形断面の測定結果

80cm 試験体より求めた伝播速度基準に長さを測定した結果を表 3.1 に示す。測定結果より実物の長さとの誤差は 0~2%であった。

3.2 L型擁壁の測定結果

壁厚 40cm と 2m の 2 種類の長さに対して 40cm の伝播速度を基準とした測定結果を表 3.2 に示す。測定結果より水平方向の誤差は 0~7%で、垂直方向では 0~10%であった。垂直方向に発生した弾性波は基礎の底面で反射するものと、均しコンクリートの底面で反射するものがある。よって約+10cm の誤差が生じたものと考えられる。

3.3 高架橋橋脚の測定結果

幅 1.7m、厚さ 0.3m の橋脚 3 本を各 3 回ずつ測定した。そのうちの 1 点の伝播速度を用いて長さを測定した結果、平均で 1.7m、1.66m、1.79m となった。測定結果より誤差は 0~5%であった。

4 考察

矩形長方形断面の測定結果は、実際の長さの±5cm の範囲で求められた。L 型擁壁の試験結果は、誤差が 10%以内という結果が得られた。特に垂直方向の結果は、均しコンクリートの影響で長さが 2 種類出る結果が得られた。高架橋橋脚の試験結果は、実際の長さとの 5%以内の誤差で精度の高い結果が求められた。この結果より、システムの測定範囲を考慮し、30cm 以上の構造物に適用できると考えられる。

5 まとめ

1. 無筋の試験体では、それぞれの長さに対する伝播速度での長さ測定でも誤差の少ない結果が得られた。
2. L 型擁壁は均しコンクリートによる反射面の違いから測定値が 2 種類得られた。また、均しコンクリートの長さを入れて誤差を計算すると 0~10%となった。
3. 実構造物では、伝播速度のばらつきや長さ測定において誤差が 5%以内の結果が得られた。

今回、構築したシステムに対し、今後測定精度の向上、鉄筋の有無やコンクリート強度の影響などについて検討を進めて行きたい。



写真 1 実構造物（幅 1.7m）

表 3.1 測定結果

基準	3775.4 (m/s)		
28日	1回目	2回目	3回目
40cm	40.7	39.5	39.4
60cm	59.5	59.5	59.5
56日	3820.4 (m/s)		
40cm	40.0	39.8	39.8
60cm	59.3	59.5	59.3

表 3.2 測定結果

基準伝播速度 (m/s)		3607.28	
打点番号	長さ (cm)	打点番号	長さ (cm)
壁厚 40cm	40.0	基礎正面 2m	207.3
	40.8	基礎側面 2m	247.4
	40.0	壁厚 40cm	38.1
	41.1		38.0
壁上面 2m	217.6	壁上面 2m	203.0
均し 10cm	231.4	均し 10cm	218.8
壁側面 2m	205.4	基礎 40cm	40.0
	207.7	均し 10cm	38.4
基礎 40cm	42.3	基礎正面 2m	213.7
均し 10cm	49.8		210.0
基礎正面 2m	212.5	基礎側面 2m	213.4

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、平成 16 年 8 月 3 日
- 2) 社団法人 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術 '07 [基礎編]、2007 年 1 月 30 日
- 3) 魚本 健人、加藤 潔、広野 進：コンクリート構造物の耐久性診断シリーズ 5 コンクリート構造物の非破壊検査、1990 年 5 月 22 日