

I-296

応力波速度による構造物の
健全度評価の実験的研究

北見工業大学 工学部 正員 三上 修一
 北見工業大学 工学部 正員 大島 俊之
 北見工業大学 工学部 学生員 重清 浩司
 日本大学 生産工学部 正員 能町 純雄

1. はじめに

損傷を受けた構造物や老朽化した構造物の健全度を診断し、適切な維持・補修の時期と補修程度とを決定する手法を確立する必要性が高まっている。本研究では、応力波速度を応用して、構造物の内部に発生するひび割れ等の欠陥の大きさ、形状等を検出する超音波測定法の研究開発を行なった。著者らは、円筒体に対する応力波速度と老朽化の影響についての研究を既に発表しているが本研究では、非破壊探傷検査の基礎的実験として、モルタル円柱供試体中に形状の既知な物質を供試体打設時に埋め込み、その物質の位置・大きさを標定する手法を開発した。また、埋め込む物質については、材質・形状の違いによる標定精度について比較検討した。

2. 実験概要

実験装置は、NF回路社製AE計測装置、Trangent Memory (8 bit、4KWord、50nsecサンプリング間隔)、擬似AE源としてPulse Genelaterを用いて、図1に示すように、応力波の発生部と、伝播した応力波の観測部、記録部とから構成される。

供試体 ($\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$) はモルタルのみのものと、次のような物質を埋め込んだものを作成した。

供試体 a. $\phi 5\text{cm} \times 30\text{cm}$ の鉄筋

供試体 b. $\phi 2\text{cm} \times 30\text{cm}$ の鉄筋

供試体 c. $\phi 4.5\text{cm} \times 30\text{cm}$ の空洞 (円筒状)

供試体 d. $\phi 2\text{cm} \times 30\text{cm}$ のガラス棒

供試体 e. $\phi 5\text{cm} \times 30\text{cm}$ のスタイロフォーム

供試体 f. 楕円形断面 (短軸3cm、長軸5cm) のスタイロフォーム

供試体 g. 楕円形断面 (短軸1cm、長軸5cm) のスタイロフォーム

モルタルの密度は 2.112g/cm^3 であった。

実験は、モルタルのみの供試体を用いて応力波の伝播速度を決定した。これによると、伝播速度は約 3900m/sec であることがわかった。つぎに、供試体中に埋め込んだ物質の形状を標定するため伝播する応力波が、反射波によって位相変化する点の時間を推定す。

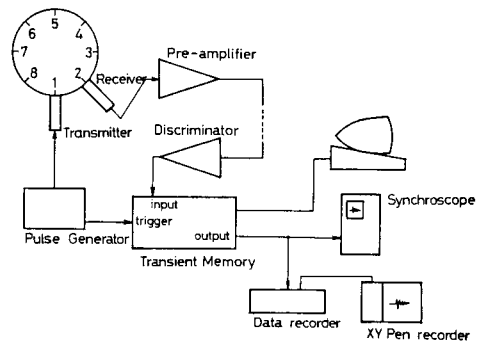


図1 ブロックダイアグラム

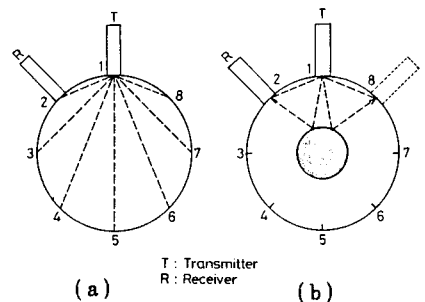


図2 位置標定法

3. 実験結果

円柱の中央に、図2のように円周方向を8等分するように測点を決め順に1～8の番号を付けて表すことにする。図2—(a)を例とすると円形断面内が均質な供試体に、1の測点から応力波を発信すると図中の破線のように伝播

して、2の測点でReceiverによって観測される。この応力波が図2-(b)のように空洞又は、密度の異なる物が途中にあった場合には、そこで反射・屈折の現象が起り、2の測点で観測される波形は、反射波も同時に観測することになり、位相のずれを生じる。この2種類の波形を比較して位相のずれが生じた時間から反射波の到達時間を判定して、形状の標定を行なう。

反射波の到達時間から反射位置の標定を行なうとき、反射面を応力波の発振位置と受信位置から等距離にあると仮定する。図3は、このようにして標定を行なった位置を●で、実際の位置を実線で表している。この図をもとに標定距離a、実測距離bを円柱側面からの距離(cm)で表し、その差をその点の誤差とする。

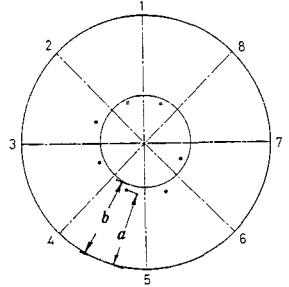


図3 供試体eの標定図

この値を、供試体a.～g.までをまとめて表1に示す。表中の空欄は供試体にひび割れが発生して標定できなかったことを示す。

この結果、形状による比較として、供試体a・b、供試体e・f・gについて検討すると、標定距離が長くなると誤差が大きくなる。また、供試体gのように偏平楕円になると、反射位置の仮定の影響で、誤差は大きくなっていると考えられる。次に材質による標定誤差の比較を行なうと、供試体eの場合、供試体a、cに較べると全体的に誤差は大きくなっている。

4. あとがき

今回の実験の結果このシステムによる形状と位置の標定は、ある程度の精度が得られることがわかった。しかし、ここで用いた仮定が十分でなかったことから、センサの位置を検討する必要がある。また、伝播する波の減衰特性の検討や、軸方向から応力波を入射した場合の伝播特性の検討を行なう必要がある。

表1 標定距離と誤差 (cm)

	供試体 a			供試体 b			供試体 c		
	標定距離	実測距離	誤差	標定距離	実測距離	誤差	標定距離	実測距離	誤差
1-2	4.8	5.1	0.3	6.2	6.4	0.2	5.2	4.8	0.4
2-3	5.1	4.9	0.2	4.8	6.5	1.7	4.5	4.3	0.2
3-4	4.7	4.8	0.1	5.6	6.6	1.0	4.5	4.4	0.1
4-5	5.0	4.8	0.2	6.4	6.5	0.1	5.0	4.9	0.1
5-6	—	4.9	—	6.0	6.5	0.5	5.3	5.5	0.2
6-7	4.7	5.0	0.3	—	5.4	—	5.5	5.7	0.2
7-8	—	5.1	—	6.7	6.4	0.3	4.5	5.7	1.2
1-8	5.1	5.2	0.1	5.9	6.4	0.5	4.3	5.4	1.1

	供試体 d			供試体 e			供試体 f		
	標定距離	実測距離	誤差	標定距離	実測距離	誤差	標定距離	実測距離	誤差
1-2	6.7	6.6	0.1	4.7	4.9	0.2	6.2	6.5	0.3
2-3	—	—	—	4.7	4.1	0.6	6.0	5.8	0.2
3-4	—	—	—	4.7	4.4	0.3	—	—	—
4-5	5.3	6.4	1.1	4.8	4.4	0.4	5.5	4.6	0.9
5-6	5.6	6.3	0.7	4.8	4.3	0.5	5.9	4.6	1.3
6-7	5.3	6.3	1.0	4.7	5.1	0.4	5.7	5.2	0.5
7-8	6.1	6.4	0.3	—	—	—	—	—	—
1-8	5.6	6.6	1.0	4.7	5.0	0.3	5.9	5.7	0.2

	供試体 g			供試体 h		
	標定距離	実測距離	誤差	標定距離	実測距離	誤差
1-2	6.5	6.0	0.5	6.8	5.5	1.3
2-3	6.5	4.6	1.9	7.2	6.6	0.6
3-4	5.8	4.8	1.0	7.1	5.8	1.5
4-5	6.5	5.2	1.3	6.5	5.0	1.5
5-6	7.1	4.5	2.6	—	—	—
6-7	7.1	4.9	2.2	6.2	4.8	1.6
7-8	6.8	3.9	2.9	6.2	5.8	0.4
1-8	5.2	4.7	0.5	5.1	5.5	0.4

参考文献

- 1) 横道英雄・池田郁雄・松岡健一：コンクリートにひび割れが生ずるときの弾性波の伝達現象について、セメントコンクリート、212、pp. 2～6、1964。
- 2) 丹羽義次、小林昭一、大津政康：アコースティック・エミッションによる破壊源探査、土木学会論文報告集No. 276、1978。
- 3) 大島、三上、能町、重清：複合材料中の応力波速度と構造物の健全度評価への応用、構造工学論文集、Vol.32、A、1986、3
- 4) 三上、大島、重清、能町：応力波速度による構造物の健全度評価の研究、土木学会北海道支部論文報告集、1986、2