

弾性波によるコンクリートの裏面ひび割れの検出

Detection of Cracks appearing on the bottom of Concrete by Elastic Waves

福 島 謙一*・魚 本 健 人*

Kenichi FUKUSHIMA and Taketo UOMOTO

1. はじめに

床版及び、梁等鉄筋コンクリートの裏面に発生するひび割れの非破壊検査には従来、検査装置設置等の面から多くの時間、労力を必要としている。そこで、コンクリートの裏面ひび割れの程度を弾性波により、非破壊試験によって推定することを検討する。本研究ではその第一段階として、コンクリートを均質な鋼材に置き換え、2次元FEMによる解析と、ジュラルミン製の供試体を用いた超音波測定実験を行った。

2. 実験概要

実験に用いた材料はジュラルミンで、その物性値は表-1に示すとおりである。なお、解析ではアルミニウムを材料としたのに対し、実験でジュラルミンを用いたのは、スリットを入れる際に強度が高く、切削性が良好であるためである。供試体の寸法は、解析や発・受振子の設置などを考慮して、図-1のように200 mm × 100 mm × 50 mmで、その中央に幅1 mmのスリットが深さ4 cm、8 cm入っているものを用いた。

弾性波測定装置 (TESCO KH 751) により、図-1に示すように発・受振子を設置し、周波数50 kHzの正弦パルス波を用いてNo. 1~4について伝播時間を測定した。

3. 解析方法

ここでは、弾性波伝播時間を求める方法として、2次元FEMを用いて時間領域における解析を行った。

運動方程式の解法にはニューマークのβ法を用い、減衰モデルとしては比例減衰モデルを用いた。弾性波の到達時間は、変位振幅値に一定のしきい値を設けることにして決定した。

3.1 解析内容

解析モデルは材料をアルミニウムとし、厚さ方向に拘束のない2次元平面応力モデルとした。表-1に物性値を示す。実験では50 kHzの正弦パルス波を与えたが、本解析では解の安定を考慮して、振動は継続時間10 μsの三角形パルス波を図-1の発振子に相当する位置に半波長与え、受振子に相当する位置に到達する時間を求めた。解析は、実験ケースに対応させた10 cm × 20 cmのモデルにはそれぞれのスリット深さに対し、表面、裏面のNo. 1~4について行い、サイズをスリット深さ、縦、横ともに実験ケースの2倍とした20 cm × 40 cmのモデルに対しても同様に表面、裏面のNo. 5~8について行った。なお、スリットが入っている面を表面とした。

3.2 ひび割れ深さ算出法

ひび割れ先端部を回折してきた弾性波の伝播時間Tと

表1 材料物性

材料名	単位体積重量 (tf/m ³)	弾性波速度 (km/s)	動弾性係数 (tf/m)	ポアソン比
アルミニウム	2.69	6.42	1.13 × 10 ⁷	0.345
ジュラルミン	2.94	6.14	—	0.335

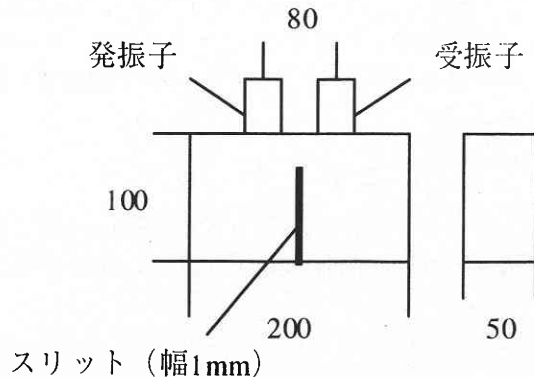


図1 伝播時間測定位置

*東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

弾性波速度 V より経路の距離を算出し、これと探触子間距離 L を用いて次の式よりひび割れ深さを求めた。

$$d = \left\{ (VT)^2 - (L/2)^2 \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

4. 結果及び考察

スリット深さの解析，実験結果を表-2に示す。解析による No. 1, 2での発・受振点の波形を図-2に例として示す。表面からの No. 1, 2に関しては，解析，実験とも真の値と比べると正確ではないが，図-2のように受振波の立ち上がりが明瞭で，ひび割れの存在は検知できる精度であると考えられる。

No. 3, 4では解析，実験とも，深さの傾向は捉えられていないと考えられる。その原因として，解析ではスリットの端部を回折した波が，最初に受振点に到達するとして計算したが，実際は表面波や他の反射波を受振している可能性があることなどが考えられる。実験では探触子の半径が 2 cm 程度の大きいものを用いたため，測定点が正確でないこと，周波数が供試体に適していなかったこと，解析と同様に反射波などを受振していることが考えられる。

No. 1~4では与えた波長（約 12.9 cm）に対して供試体のサイズが小さいことが，解析，実験とも良い精度が得られなかったことの原因の一つに考えられるが，サイズを2倍にして解析した No. 5~8では No. 1~4と比べて精度良い解析結果が得られた。特に，No. 5, 6では正確にひび割れ深さを求めることができた。なお，No. 1~7では探子間距離を 8 cm としたが，表面波が縦波よりも先に到達しないようにするため No. 8では 16 cm にした。

有限要素法でのメッシュサイズは，波長に対して十分小さくする必要がある。解析では波長の 10分の1程度としている。コンクリート構造物では減衰を考慮して 5~50 KHz の周波数が非破壊検査に用いられるが，今回対象とした，鋼材を用いた供試体サイズでは 500 KHz~5 MHz の周波数がより適していると考えられ，さらにメッシュサイズを小さくすることにより解析の精度は上がると思われる。

5. ま と め

- (1) コンクリートをアルミニウム，ジュラルミンに置き換えたモデル解析，実験でひび割れ表面からは，真

表2 スリット深さの解析・実験結果

No	サイズ(cm)	探触子 接触面	スリット 深さ(cm)	計算値 (cm)	実験値 (cm)
No.1	10×20	表	8.00	7.33	9.60
No.2	10×20	表	4.00	5.02	5.35
No.3	10×20	裏	8.00	4.57	8.95
No.4	10×20	裏	4.00	4.98	7.73
No.5	20×40	表	16.00	15.70	—
No.6	20×40	表	8.00	7.87	—
No.7	20×40	裏	16.00	14.01	—
No.8	20×40	裏	8.00	8.20	—

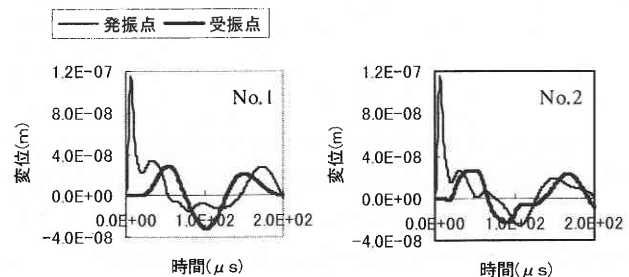


図2 発・受振点の波形

の値と比べて妥当なひび割れ深さを予測できた。

- (2) 与える波長に対して十分に大きいモデルサイズで解析することにより，表面，裏面から比較的精度良くひび割れ深さを求めることができた。
- (3) 裏面からのひび割れ検知に関しても予測精度を上げること，ひび割れだけでなく様々な形状の内部空隙を検知すること，さらには，複合材料から構成される不均質性を持つコンクリート構造物を対象とすることが今後の課題である。

最後に，本研究においてご指導いただいた東京大学館石和雄助教授，佐藤工業（株）伊東良浩氏に心より感謝いたします。

(1998年6月11日受理)

参 考 文 献

- 1) 魚本健人，加藤潔，広野進：コンクリート構造物の非破壊検査，森北出版。
- 2) 伊東良浩，魚本健人：粗骨材の形状，配置が弾性波の伝播速度に与える影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 16. 1994.
- 3) 田中正隆，田中道彦：境界要素解析の基礎，培風館。