

衝撃弾性波法によるコンクリートのひび割れ深さ測定方法の検討

リック(株) 正会員 岩野 聡史

(独) 土木研究所 正会員 森濱 和正

iTECS 技術協会 正会員 極壇 邦夫

アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

リック(株) 實藤 大夫

1. はじめに

コンクリート構造物に発生したひび割れの深さを把握することは、補修の可否の判断などに利用できるものと考えられる。特に、非破壊検査により経時変化も把握できれば、ひび割れの進展状況の判断、補修工法の判断などにも利用でき、コンクリート構造物のより効果的な維持管理に利用できるものと期待される。

非破壊検査である弾性波法での一般的な測定方法としては、伝搬時間差法、位相反転法と複数の方法が提案されているが¹⁾、これらの測定方法のうち、実構造物での適用においてはどちらが有効な方法であるのかを判断する必要があると考えた。そこで、供試体に模擬的に製作したひび割れを用いて、伝搬時間差法、位相反転法の両測定方法を比較する実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験内容

表1 供試体状況

名称	供試体設計 寸法(mm)	セメント 種類	呼び 強度	ひび割れ		
				製作方法	幅(mm)	深さ(mm)
版供試体A	2000×1500× 150	N	60	打設時に製作	1.00	50
版供試体B						300
曲げ供試体	150×150×530	N	18	中央点載荷により製作	0.15	134

実験に用いた供試体の状況を表1、写真1、2に示す。版供試体A、Bは幅150mmの端面にひび割れを想定してスリットを設けたものである。曲げ供試体は供試体製作後に中央点載荷により、ひび割れを発生させたものである。

測定状況を図1に示す。ひび割れ開口部を中点として入力点と受信点を設定した。入力点の表面を衝撃加速度計付きのインパクター（質量18g）で打撃して弾性波を入力し、入力波形を測定した。受信点には加速度計を設置し、ひび割れ先端を回折した弾性波を測定した。入力点と受信点の距離 L は版供試体Aでは20～300mm、Bでは200～900mm、曲げ供試体では20～480mmとした。測定方法は位相反転法、伝搬時間差法の2種類とした。



写真1 版供試体B



写真2 曲げ供試体

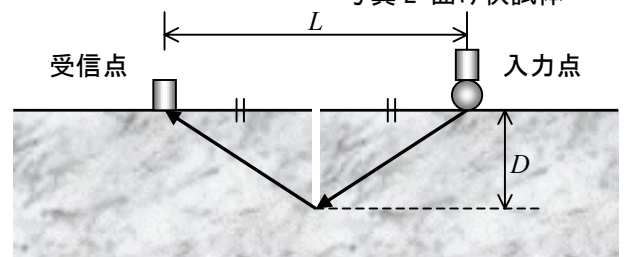


図1 測定状況図

3. 測定結果および考察

3. 1 位相反転法での測定結果

各供試体での受信点での主な測定波形を図2に示す。ひび割れ先端を回折する弾性波の種類は回折角度 θ によって変化し、 $\theta < \text{臨界角}$ （約 90° ）では引張波、 $\theta > \text{臨界角}$ では圧縮波となる。図2より、版供試体Aでは、入力点と受信点の距離 $L \leq 80\text{mm}$ での測定波形の第1波は下向きであり、引張波と判断される。一方、 $L \geq 100\text{mm}$ では第1波が上向きとなり、圧縮波であると判断される。これから、 $\theta = \text{臨界角}$ （約 90° ）となるときの L は100mmで、ひび割れ深さは50mm（誤差0%）と推定される。同様にして、版供試体Bでは280mm（誤差7%）、曲げ供試体では140mm（誤差4%）となる。以上のとおり、位相反転法は原理的に単純で精度

キーワード：非破壊検査、衝撃弾性波法、ひび割れ深さ、伝搬時間差法、位相反転法

連絡先：〒143-0015 東京都大田区大森西 1-19-1 TEL 03-5762-2058 FAX 03-3765-5190 E-mail siwano@ri-k.co.jp

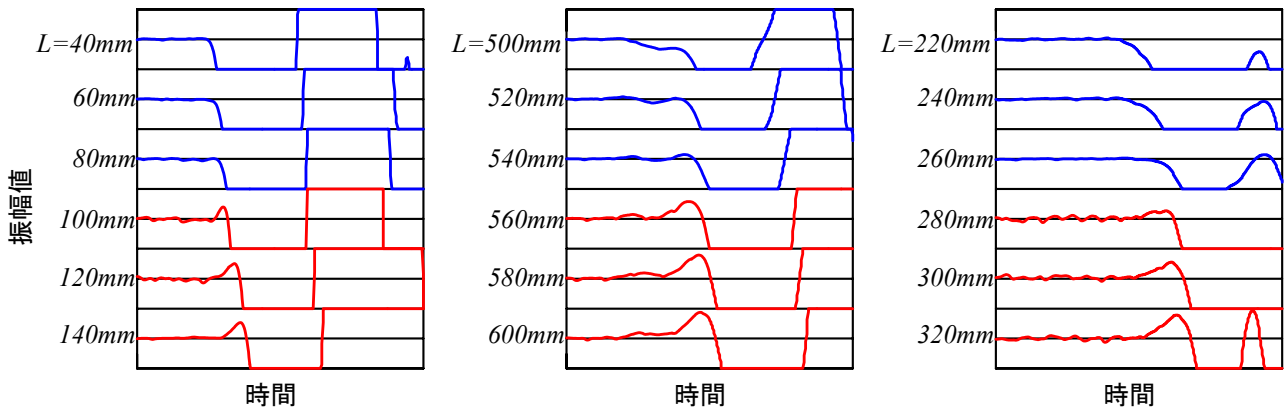


図2 位相反転法による測定波形（左図：版供試体A，中図：版供試体B，右図：曲げ供試体）

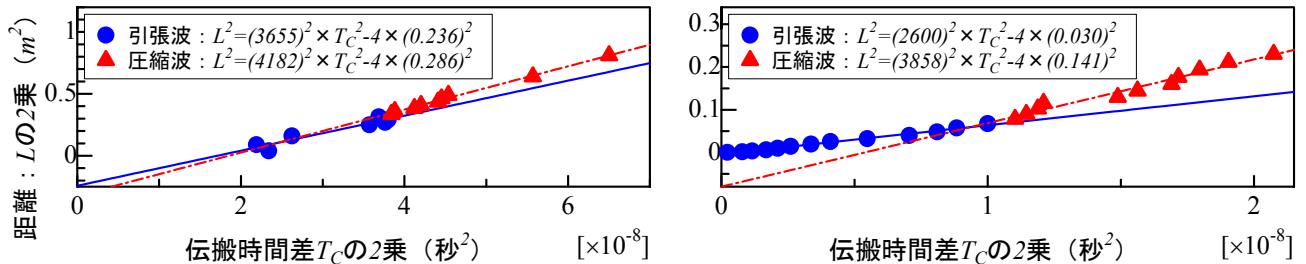


図3 ひび割れ深さ測定での距離と到達時間差の関係（左図：版供試体B，右図：曲げ供試体）

も期待できる方法であるが、版供試体Bでの $L=540\text{mm}$ のように判断結果の客観性が課題となる場合もある。

3. 2 伝搬時間差法による測定結果

各入力点と受信点の距離 L でひび割れ先端を回折する弾性波の到達時間 T_C を測定した。3. 1での測定結果に示したとおり、ひび割れ先端を回折する弾性波の種類は L によって引張波の場合と圧縮波の場合があるが、この弾性波の種類別での L の2乗と T_C の2乗の関係を図3に示す。図3より、両者は弾性波の種類によって異なる直線関係となった。これは両者が式(1)の直線関係で示されること。さらに、引張波と圧縮波ではこの直線の傾きに相当する弾性波速度などの性質が異なることが示された結果である。

$$L^2 = V_p^2 \times T_C^2 - 4D^2 \quad (V_p: \text{弾性波速度}, D: \text{ひび割れ深さ}) \quad (1)$$

式(1)では傾きが弾性波速度、切片がひび割れ深さを示すことから、図3に示した圧縮波での回帰直線からひび割れ深さを求めると、版供試体Bでは286mm（誤差5%）、曲げ供試体では141mm（誤差5%）となった。これに対し、引張波では正確なひび割れ深さ、弾性波速度が得られていない。引張波と判断した測定波形の第1波が下向きとなる振動は、図1や式(1)の理論通りに伝搬しているのかが判断できない結果といえる。伝搬時間差法では、 $T_C - T_0$ 法やBS法のように任意の入力点と受信点の距離1, 2点でひび割れ深さを計算する方法が一般的である。しかし、測定波形の第1波が下向きとなる場合を採用すれば、伝搬経路などが理論通りではない可能性があり、測定精度に影響すると考えられる。精度の向上には、測定波形の第1波が上向きの圧縮波となる距離で測定し、特に、今回示したとおり、圧縮波となる複数点での測定結果から平均的に求めることが有効であると考えられる。さらに、この方法では弾性波速度も計算できることから、弾性波の伝搬経路を確認できる。本法では鉄筋の影響が課題とされているが¹⁾、鉄筋の影響の有無を確認できるものと期待される。

4. まとめ

供試体に模擬的に製作したひび割れを用いて、伝搬時間差法、位相反転法の両測定方法を比較する実験を行った。その結果、位相反転法は原理的に単純で精度も期待できる方法であるが、判断結果の客観性が課題となる場合も考えられる。伝搬時間差法は、圧縮波となる複数点での測定結果から平均的に深さを求めることが有効であると考えられる。これらの測定方法を併用することにより、測定精度は向上するものと期待される。

参考文献 1) 土木学会コンクリート委員会 弾性波法の非破壊検査研究小委員会: 弾性波法の非破壊検査研究小委員会報告書および第2回弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関するシンポジウム講演概要集, pp.18-24, 2007.2