

超音波によるコンクリートひび割れ深さ測定における信号抽出法の提案

大分工業高等専門学校 正会員 ○永田 玲央
同 上 正会員 一宮 一夫
同 上 非会員 嶋田 浩和

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の劣化問題が顕在化し、既存構造物の健全度評価の必要性が高まっている。健全度評価において、コンクリートのひび割れ深さの推定は、最も基本となる情報の一つである。超音波法は、簡便かつ安全であることから、ひび割れ深さの推定法として広く用いられているが、内部の鉄筋やひび割れ部に水がある場合などは測定精度が著しく低下する事が問題となっている¹⁾。

本研究では、まず平田らの方法¹⁾を用いて、材料の違いによる受信波形への影響を調べた。次に、コンクリート内部に鉄筋が存在する場合、超音波が鉄筋によって反射・屈折されて受信子に伝播されるため測定精度が低下することへの対応として、受信波形からひび割れ情報を抽出する方法(以後、信号抽出法という)を提案し、その検証実験を行った。

2. 超音波法の原理ならびに問題点

超音波法²⁾は、図-1 のように発信子(Transducer: 以後、Tと表記する)から発信された超音波がひび割れ先端で直角に回折され、受信子(Receiver: 以後、Rと表記する)に到達する際に、ひび割れとTまたはR間の距離 a [mm]がひび割れ深さ d [mm]と同値になる特性を利用したものである。ここで、

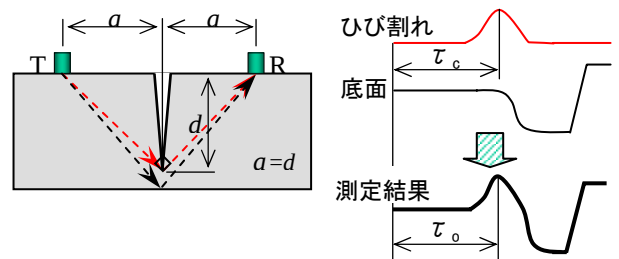


図-1 超音波法によるひび割れ深さの推定

τ_c [sec]はひび割れ先端での直角回折波の時間遅れ、 τ_o [sec]は受信波形の時間遅れを表す。重ね合わせの原理が成立するので、受信波形は、直角回折波と底面など様々な面からの反射波によって構成されると考えられる。このとき、内部に鉄筋が存在しなければ、ひび割れ深さ測定に必要となる直角回折波が最も早くRに到達する($\tau_o = \tau_c$)。しかし、内部に鉄筋が存在すると、超音波が鉄筋により反射・屈折されて最も早くRに到達するため、直角回折波の時間遅れが不明瞭($\tau_o \neq \tau_c$)となり測定精度が著しく低下する。

3. 平田らの方法による材料種別の影響

平田らの方法では、受信波形を測定中に識別しながら、鉄筋の影響を考慮してひび割れ深さを測定する。図-2 は測定手順を示したもので、まず上図(a)のようにTとRを動かし鉄筋位置を特定する。続いて下図(b)のように、鉄筋とひび割れとの交点を中心に約45度回転させ、TとRの間隔を広げ、ひび割れ先端を回折した受信波を測定する。その後、振幅値の補正を行うことで超音波伝播速度を算定し、ひび割れ深さを求める。

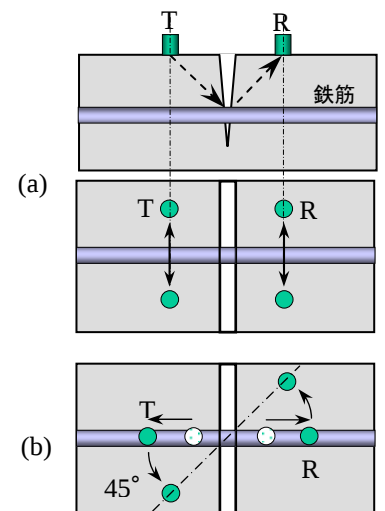


図-2 平田らの方法の測定手順

図-3 に本研究で使用した供試体の形状寸法を示す。寸法は高さ200 mm、幅300 mm、奥行き400 mmとし、長手方向の中央に深さ120 mm、幅1 mmの人工ひび割れを入れた。鉄筋はSD295A(D13)を用いた。また、超音波は基本周波数28kHzとした。

まず、モルタル供試体での測定を行った。その結果、ひび割れとTおよびRの距離とひび割れ深さが同値のとき、第一波として鉄筋から反射・屈折さ

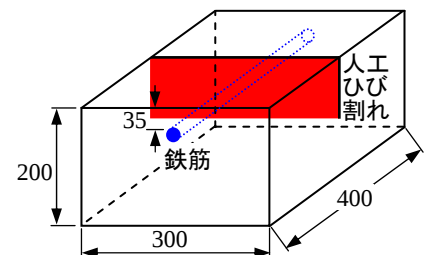


図-3 供試体の形状寸法

キーワード ひび割れ深さ、超音波、鉄筋、信号抽出法

連絡先 〒870-0152 大分市牧1666番地 大分工業高等専門学校 制御情報工学科 TEL 097-552-6893

れた超音波が比較的安定した波形で得られた。次に、コンクリート供試体でも同様の測定を行い、モルタル供試体の波形と比較したところ、大きな違いは見られなかった。このことから、本手法での測定結果にはモルタルとコンクリートの材料の違いは影響しない事を確認した。

4. 信号抽出法の提案

ひび割れ先端よりも浅い位置に鉄筋が存在すると、鉄筋によって反射・屈折された超音波が最も早く受信子に伝播されるため、ひび割れ深さを正確に評価することができない。そこで、本研究では測定精度を向上させるために、受信波形から鉄筋の影響を除去することでひび割れ先端での直角回折波を抽出する手法を提案する。

図-4に示すRでの受信波形は、鉄筋、ひび割れ、底面からの波形が重なり合ったものと考えられる。そのため、受信波形からひび割れ先端を通過する直角回折波を抽出するためには、鉄筋を伝播した波形を受信波形から減算すればよい。鉄筋を伝播した波形は、28kHzの入力波形(矩形波)と同周波数の周期的な波形であると考えられる。今回は、擬似的に半周期(1/56[msec])分の波形を用いて、鉄筋を伝播する波形を作成し、受信波形から減算した。

本実験では、図-4に示す角度 θ が45度の場合について検証を行った。その受信波形を図-5に、受信波形から鉄筋の影響を除去した波形を図-6に示す。図-5では、鉄筋の影響による時間遅れ τ_o と鉄筋がない場合の時間遅れ τ_c との差($\tau_c - \tau_o$)が大きく、これが測定誤差の原因のひとつとなる。これに対して、図-6の受信波形から鉄筋の影響が除去された場合の時間遅れ τ_o と鉄筋がない場合の時間遅れ τ_c との差($\tau_c - \tau_o$)は上記の場合よりも小さく、測定精度の向上が確認できた。表-1に本手法ならびに平田らの方法(補正なし)によるひび割れ深さの計測値とその誤差を示す。その結果、本手法では、予備実験による補正を行わなくても実用的な精度でひび割れ深さの推定が可能であることが分かった。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1)平田らの方法を用いて測定を行った結果、モルタルとコンクリートの材料による違いは、測定結果には影響しないことを確認した。

(2)信号抽出法では、予備実験による補正がなくても実用的な精度でのひび割れ深さの推定が可能である。

参考文献

- 1)平田隆祥, 魚本健人: 超音波によるコンクリートのひび割れ深さ測定精度の向上, コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, No. 1, pp355-360, 2000
- 2)立川克美, 斉藤一夫, 細谷昌裕, 長瀬尚樹, 藤岡克美, 宇田吉臣, 井門良雄, 林栄男: 超音波探傷試験 TOFD法に関する研究～薄板材料における TOFD法の適用～, 千葉県産業支援技術研究所研究報告 N02, pp22-27, 2004

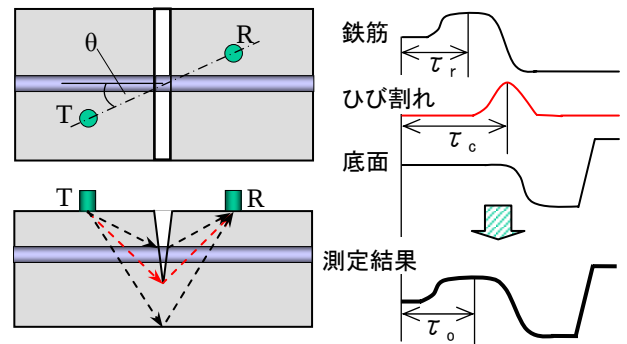


図-4 鉄筋コンクリートのひび割れ深さ測定

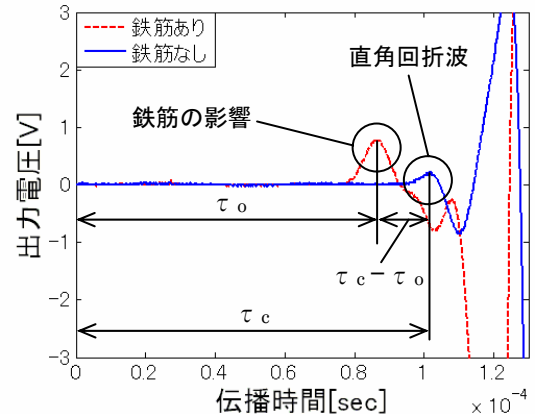


図-5 受信信号($\theta=45$ 度)

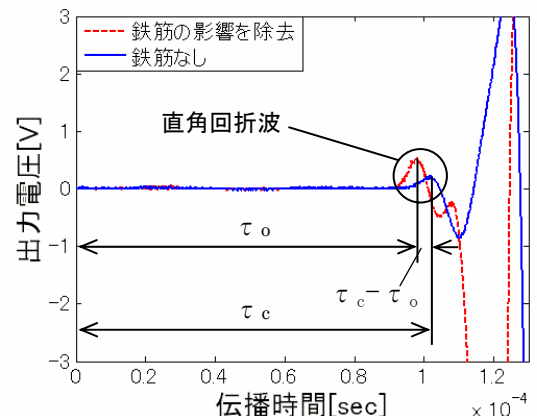


図-6 鉄筋の影響を除去した受信信号($\theta=45$ 度)

表-1 信号抽出法と平田らの方法(補正なし)との比較($\theta=45$ 度)

	信号抽出法	平田らの方法 (補正なし)
ひび割れ深さ	128mm	140mm
誤差	6.7%	16.7%