コンクリート割れの正負半波音圧波に対する反射特性

Concrete crack reflection characteristics
by positive and negative uni-pole pressure wave

宇田川　義夫†　　○朝井郁雄‡
†　(有)アイ・エス・エル　631-0063　奈良市帝塚山中町 12-7
‡　有限会社シー・アイ・エス 330-0854 さいたま市桜木町 4-1002

概　要

割れの検出は超音波探傷の基本検査の一つであり、超音波法のメリットが出る。割れに垂直に入射した正の音圧は割れを通過しやすく反射しにくい。負の音圧は割れを通過しにくく、反射しやすい。コンクリートを切断した割れ試験片を作り、正と負の半波音圧を発生させ、透過法により透過信号を検出し、前記現象を実験で確認した。その結果、期待に反して正負の音圧何れも同じ挙動であり、確実な隙間がある場合は検出可能だが、割れ部に僅かな圧縮圧力があったり、粘土など浸透していると区別が難しくなる。コンクリート構造体は、鉄の様に超音波による割れの検出が必ずしも容易ではない。

KEYWORDS ： コンクリート、割れ、低周波、正負音圧

図１.橋の外観切断コンクリート

１．はじめに

コンクリートなど構造物の検査が音波で行われる様になった。が、必ずしも割れの欠陥が見つからない場合があり。その原因を調査する事にした。まず、割れが比較的容易に検出できると言われる負の半波を使って試験した。

２．サンプルに関して

劣化したコンクリートの検査が対象になるとの前提で、古いコンクリートコアを用意した。米国シアトルにあるボストン・ブリッジの床板（図１参照）のコンクリートで 100 年程度経ている。セメント質は中性化が進んでいる。サイズはφ100ｘ150㎜である。圧縮強度は 15N/㎟、縦波音速は 4800m/s を超え新品のコンクリートと大して変わらない。しかし、一円玉で簡単にセメント質が削れる。中の石は割れたものが無く、石が健全な為に高い音速と圧縮強度を示すと思われる。この長手中央に半周 0.3 ㎜厚さダイヤモンド・ソーで 10㎜深さの切れ目を入れ、ハンマーで叩いた。その結果割れた状態が図である。

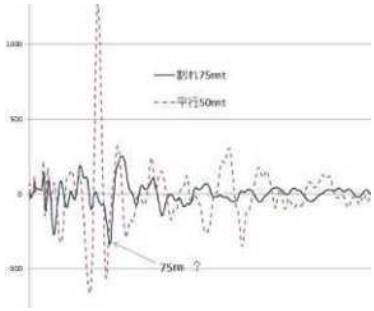

図２．　0.5MHz76φ反射法

３．一探触子法での反射波実験

UCT12dB低周波探傷器を用いて、反射法で割れが判るか調べた。新作の 50㎜厚さのコンクリートと比較した。0.5MHz40φの探触子では新作は容易であるが、割れの試験片は一切厚さが判らない。0.5MHz76φを使った所、何とか見える（図２）。が、厚さが 75㎜と判っているから判断できるのであって、割れの深さが未知の場合は不可能であろう。従って反射法での試験は中止した。石は割れない為、割れには石の凸凹が残る。その為、石より（25㎜程度)十分大きなビームでないと測定困難と考えられる。

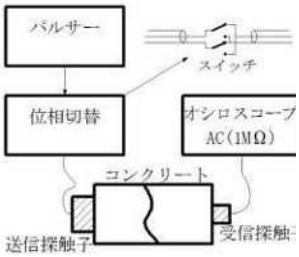

図３．　計測ブロック図

４．透過法の実験装置

図３にブロックを示す。送信の音波を正負音圧に変換する為、送信探触子用同軸ケーブルを中央で切断し、スイッチを入れた。受信波音圧波形を精度よく測定する為、オシロスコープを用いた。適切な送受信探触子の径を調べた。図４の様にφ10 送信探触子のビーム中心付近で４点測定したが測定位置によって信号強度が大きく変わる。送信には 35φ、受信には 25

φ以上とすると初動の信号強度が 3dB 以内に収まる事を確認した。0.5MHz40φで送信し、1MHz30φで計測する事とした。なお、10φ受信探触子で、送信探触子φ76 の中央φ50 の範囲を走査すると先端信号での音速が最大 20%、振幅は３倍変動する。石の上付近で音速が早く且つ反射強度が上がる。

40φ探触子のビーム中央で±10㎜ 走査した時の集積波形を図４－１に示す。ポリスティレンは接触媒質の状況で感度は多少変化するが、波形の立ち上がり位置は変化しない。コンクリートでは立ち上がり位置と波形が激しく変化する。

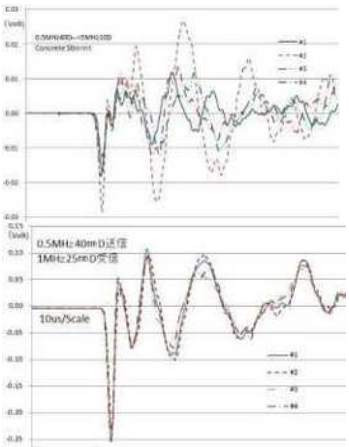

図４． 1MHz10φと 25φの受信波形変化

５．位相による割れ透過信号の違い

単に割れ部分を合わせた状態で、送信音圧を正負切替て透過信号を確認した。負音圧ではコンクリートの誘電率で電気信号が回り混んで、送信音圧が変化し、また受信波形に漏れが生じるので、誘電率の低い PS 材を探触子の前に挟んで測定した。図５の様に正負音圧に切変えても波形の差異は認められない。音波強度はフォーカス探触子でない限り、1 気圧を超える事は無い。割れ面は複数の点で接触しており、接触圧力は非常に高いので、変化が観測されないと考えられる。

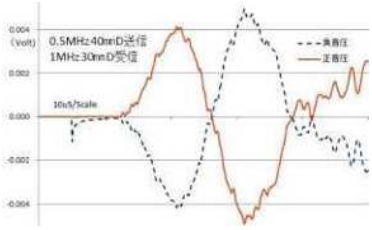

図５． 送信音圧正負での違い

６．接触面状況の違いによる割れ透過信号の違い

接触面間を加圧した場合、隙間に水を入れた場合などの試験し、割れる前の波形と比較した。接触面圧が高い（1.3kgf/cm²）と、割る前と大した差異は無い。荷重が掛かっている場合は、実検査時のコンクリート接触面状態、コンクリート自体の超音波減衰の特性を考慮すると割れの検査判断は難しいであろう。自然荷重（20gf/cm²）でも、粘土を挟んだ場合も信号強度は大して落ちない。音響インピーダンスの低い水や空気が隙間にある場合は、実用的に検出できるレベルに信号が下がる。なお、縦波は初動以外では殆ど観測されない。観測される共振波形は全体（150 ㎜）の横波相当共振種波数である。周波数分析を使った共振法で割れを検出する場合に、縦波の割れの共振と勘違いする可能性が大きい。図７に新品良質コンクリートと減衰の少ない架橋ポリスティレンの波形で横波発生の違いを示す。

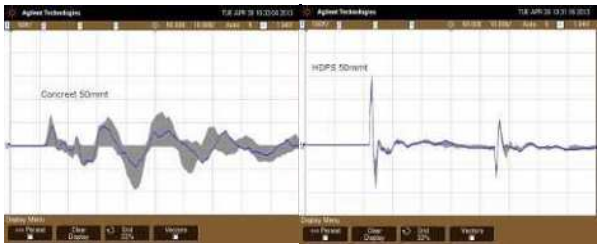

図４－１.±10 ㎜走査

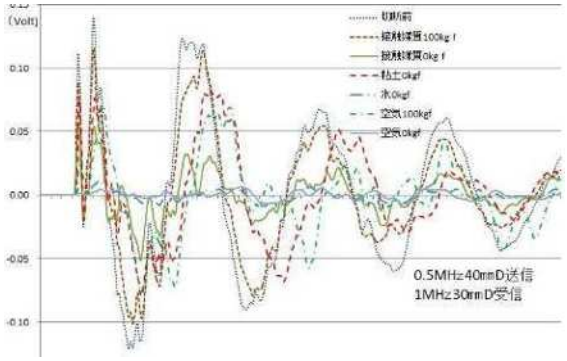

図６． 接触面状況の違い

７．結論

古い劣化したコンクリートに対して試験では以下の事が言える

A)反射法では割れの位置が判らない。割れ検出が非常に難しい。

B)透過法で小さな振動子径のセンサーでは、計測結果が不安定。石の影響と考えられる。1cm 移動しただけで音速が最大 20%変動する事がある。

C)正音圧、負音圧の送信の違いによる計測結果の差異は認められない。

D)隙間が確実に音響インピーダンスの低いもの（水、

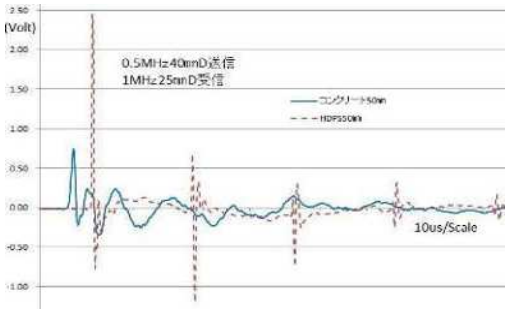

図 7． 横波発生状況

空気）で満たされている場合であれば、透過信号強度で割れを識別できる。
E)割れ面接触圧が少しあると、割れが無い場合と区別できない。
F)古いコンクリートなどでは横波強度が強く、全体の共振は横波共振であり、縦波共振の共振と間違えた判断をする可能性がある。

文　献

[1]宇田川 *Introduction to Ultrasonic Wave Technique - Transducer, Pulser, Receiver and Device-* 」, Nikkan Kogyo Shimbun Ltd, Tokyo (2010)
[2]宇田川「古いコンクリート構造物の音速測定結果」第15回超音波による非破壊シンポジュウム