

## P 波伝播経路曲線による斜めひび割れ深さの評価方法

太平洋セメント(株) ○正会員 辻伸幸、正会員 内田昌勝、正会員 岡本享久  
 熊本大学大学院 正会員 大津政康

### 1. はじめに

超音波の伝播時間を用いて、コンクリート構造物に発生したひび割れ深さを推定する方法は、以前より研究されているが、多くはコンクリート表面に対して垂直に進展するひび割れを対象としたものである<sup>1)</sup>。そのため、コンクリート表面に対してある角度(90° 以外)に進展するひび割れ(斜めひび割れ)に、これらの推定方法を適用することは困難である。例えば、 $T_c-T_0$  法においては、実際のひび割れ深さよりも深く推定する傾向があり、その傾向は探触子間距離が短いほど強い。そこで、斜めひび割れ深さを推定する方法として、P 波の伝播経路曲線を用いた評価方法について検討した。

### 2. P 波伝播経路曲線を用いたひび割れ深さの評価方法

斜めひび割れ先端の位置は、図 1 に示すように探触子間距離( $L_i$ )を一定とし、発振子とひび割れの距離( $P_1, P_2$ )と受振子とひび割れの距離( $S_1, S_2$ )を変化させて伝播時間の計測を行い、式(1)より得られる P 波の伝播距離( $l_i$ )と  $L_i$  より、P 波の伝播経路曲線を式(2)より求め、その曲線の交点として得られる。この交点と表面ひび割れ位置を結んだ直線が斜めひび割れであり、ひび割れ角度・ひび割れ深さを求めることができる(図 2)。

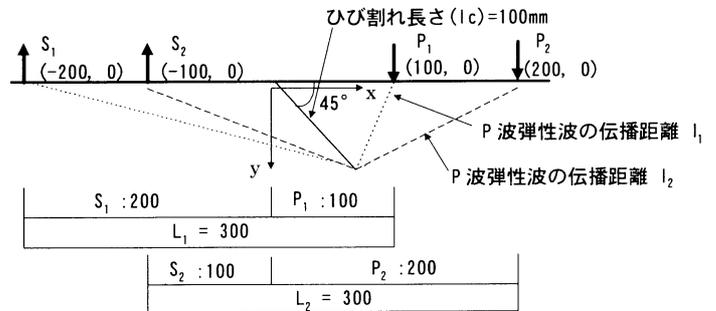


図 1 解析条件

$$l_i = L_i \frac{T_c}{T_0} \quad \text{式 1}$$

ここで、 $T_c$ :ひび割れ部の P 波伝播時間、 $T_0$ :健全部の P 波の伝播時間、 $L_i$ :探触子間距離である。

$$\frac{4\left(x - \frac{P_i + S_i}{2}\right)^2}{l_i^2} + \frac{4y^2}{l_i^2 - L_i^2} = 1 \quad i=1,2 \quad \text{式 2}$$

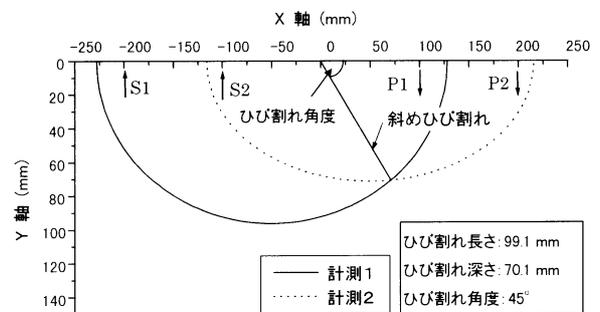


図 2 P 波伝播曲線

### 3. 実験概要

ひび割れ長さ 100mm、ひび割れ角度 45° および 60° の人工ひび割れを有する 2 種類の無筋コンクリート試験体(寸法 200×400×1200 mm)を作製した(図 3)。人工ひび割れは打設時に設置した鋼板をコンクリート硬化後に引抜くことにより作成した。試験体作製に使用したコンクリートは、W/C : 50 %、最大骨材寸法 : 20 mm、s/a : 45 %、スランプ : 15cm、呼び強度 : 30 のレディーミックストコンクリートである。

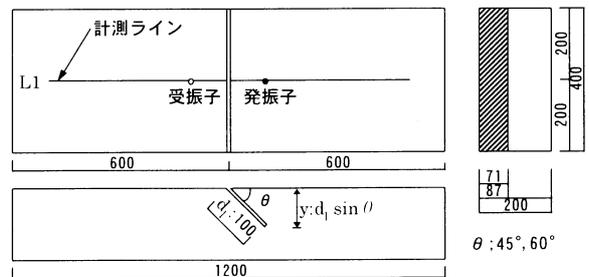


図 3 試験体寸法及び計測ライン

超音波の測定は、図 3 に示す計測ライン上で、二探触子

キーワード ; 非破壊検査、超音波、斜めひび割れ、伝播時間、P 波伝播曲線

連絡先 ; 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL.043(498)3905 FAX.043(498)3890

法により行い、立上り時間約 20nsec.のスパイク波をパルサードライバーにより発生させた超音波を 15kHz 共振型の探触子を用いて検出し、プリアンプにより 40dB 増幅して波形計測システムにより収録した。探触子配置は、探触子間距離を 300mm とし、探触子位置を 25mm 間隔で変える配置とした(図 4)。図中の発振子  $T_i$ 、受振子  $R_i$  の組合せを計測番号  $T_iR_i$  とする( $i=1,2,\dots,11$ )。

4. 解析結果および考察

図 5 に解析結果を示す。ひび割れ角度  $45^\circ$  および  $60^\circ$  のいずれにおいても探触子間距離に拘らず、 $T_1R_1$  および  $T_2R_2$  と組合せて求めた推定値はひび割れを過大に評価している。これは、 $T_1R_1$  および  $T_2R_2$  は受振子がひび割れ先端より内側(図 6 斜線部)に配置されており、他の計測番号のものに比べ、超音波が最短の伝播経路をたどり難くなるためと考えられる。しかし、その他の組合せより得られた推定値は、実測値の  $\pm 15\%$  程度の誤差範囲で推定しており、特に  $T_7R_7$  から  $T_{11}R_{11}$  の組合せによる推定値は他の計測番号の組合せによるものより精度良くひび割れ深さを評価している。

このことから、ひび割れ先端より内側に探触子を配置することなく、ひび割れ開口部近傍において計測を行うことにより精度良く斜めひび割れの深さを評価できると考えられる。しかし、これにはひび割れの進展方向を特定することが必要となる。

そこで、各計測番号において伝播距離が異なることに着目し、伝播時間比(ひび割れ開口部近傍で取得した伝播時間を基準とした伝播時間の比)を用いたひび割れ進展方向の特定方法について検討した。図 7 に探触子間距離を 300mm とした場合の伝播時間比を示す。ひび割れ進展方向に発振子を移動させる場合、伝播時間比は減少し、ひび割れ進展方向の逆方向に発振子を移動させる場合、伝播時間比は増加する。このことから、例えば  $T_1R_1$  と  $T_{11}R_{11}$  における伝播時間の比較を行うことで、ひび割れの進展方向を特定することができ、 $T_1R_1$  および  $T_2R_2$  のようにひび割れ深さを過大に評価することを避け、ひび割れ深さを 15% 以内の誤差範囲で評価することが可能である。

5. まとめ

P 波伝播経路曲線を用いた斜めひび割れの評価方法において、今回の実験の範囲では、ひび割れ開口部から発振子までの距離( $P_i$ )を変化させ、伝播時間比の増減より、ひび割れの進展方向を特定し、探触子をひび割れ先端より内側に配置することを避けることにより、ひび割れ深さを 15% 程度の誤差範囲で推定することができた。

参考文献

1)日本コンクリート工学協会：コンクリートの非破壊試験法研究委員会報告書,1992.3

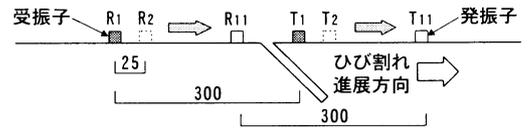
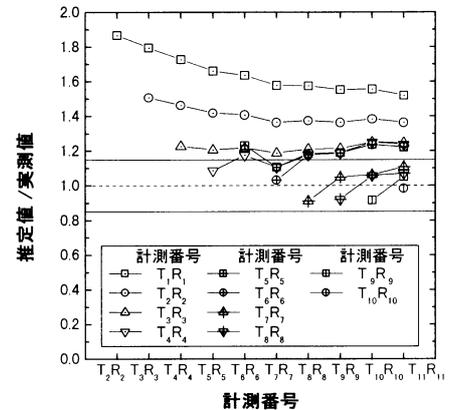
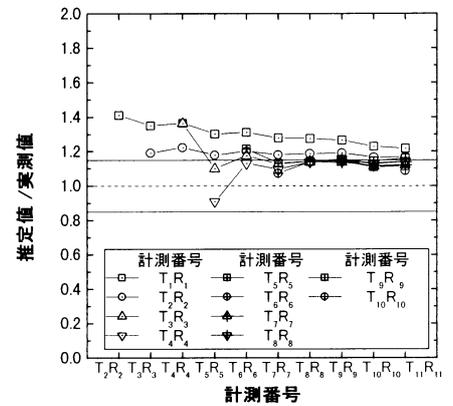


図 4 探触子配置



(a) ひび割れ角度  $45^\circ$



(b) ひび割れ角度  $60^\circ$

図 5 推定ひび割れ深さ

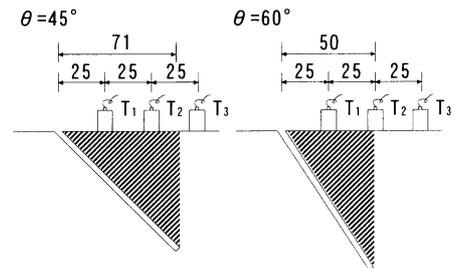


図 6 ひび割れ先端と探触子配置

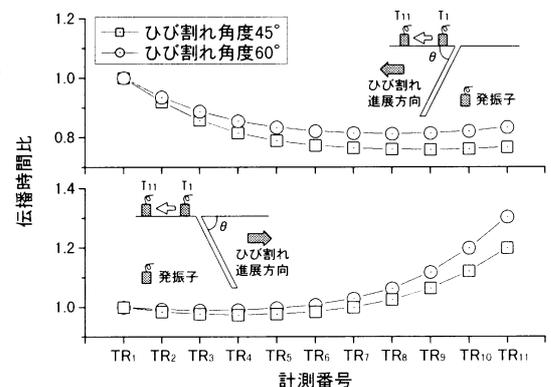


図 7 探査方向とひび割れ角度の関係