

超音波パルス反射法を用いた勾配付きろう付試験体のろう付面積評価における水距離の影響

有明工業高等専門学校	正会員○岩本 達也
平田機工株式会社	非会員 酒井 崇彰
株式会社丸和技研	正会員 佐々木 誠
大成建設株式会社	正会員 高倉 克彦

1. はじめに

著者ら⁽¹⁾は、これまでリユースを目的としてカッタービットの健全性評価について検討しており、外観およびろう付面の接合状態を検査することで評価できることが分かっている。ろう付面の評価には超音波パルス反射法を用いた方法を提案し、ろう付面からの反射強度がある閾値を越えると空隙と判定した。著者らは、実際に使用されるカッタービットと同様に勾配のついた超硬チップのろう付面積評価の方法として、水距離を一定として測定した後に探傷結果を補正する方法を提案している。この方法では水距離が一定であるため測定が容易であるが、水距離の設定が探傷結果に与える影響は大きい。本研究では、勾配のついた超硬チップを持つ試験体に対して、上述の測定方法において水距離を変え、水距離が探傷結果に与える影響を検討した。また、ろう付面に焦点が一致するように水距離を変化させながら測定する方法との比較も行った。

2. 測定原理

図1に超音波パルス反射法を用いたろう付面の検査の測定原理を示す。探触子から送信された超音波は、媒質1(水)を介して、媒質2(超硬合金)に到達する。水と超硬合金との境界では、送信波の一部が反射し、一部が透過波となって超硬合金の内部に伝播する。このとき、音波の反射率は二つの物質の音響インピーダンスの差で決まり、その差が大きいほど強く反射する。そのため、超音波は空隙部との境界面ではほぼ100%反射し(伝播経路2)、その音圧(反射強度)は超硬合金とろう付部の界面での反射波(伝播経路1)と比べて強い値となる。

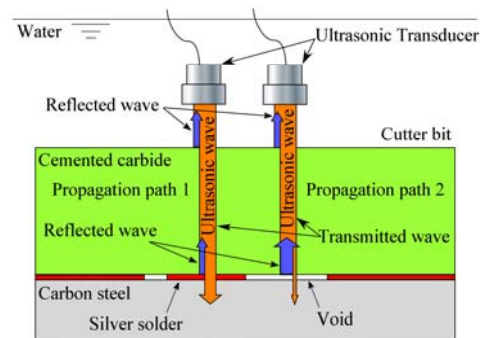


図1 測定原理

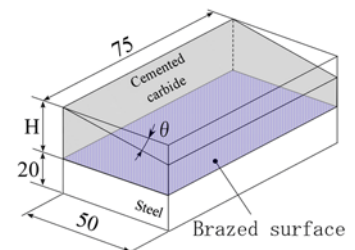


図2 試験体

3. 試験体

図2に試験体の形状を示す。試験体には勾配の付いた超硬合金E種と炭素鋼(SS400)をろう付した。超硬合金の勾配は、最厚部を40mmとし、傾斜角θは5, 10, 15, 20°とした。

4. 実験方法および補正方法

超音波探傷は、図3のように水槽内(水温20°)に試験体を設置し、水浸用点集束探触子(ジャパンプローブ製5C30PF240, 中心周波数5MHz, 焦点距離約240mm, 集束径約3mm)を試験体表面に対して平行に走査させて測定した。水距離 Z_p は、式(1)より決定した。

$$Z_p = Z_i - \frac{C_M}{C_W} d \quad (1)$$

ここで、 Z_i は水中での焦点距離、 d は金属材料内での焦点距離であり、ろう付面に対して垂直方向の厚みとした。また、 C_W, C_M はそれ

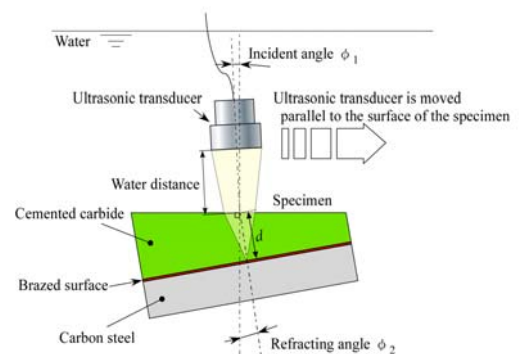


図3 測定方法

キーワード シールドマシン, カッタービット, 超音波パルス反射法, ろう付面積

連絡先 〒836-8585 福岡県大牟田市東萩尾町150 有明工業高等専門学校 創造工学科 TEL0944-53-8626

ぞれ水と超硬合金の音速である．水距離は， d が厚みの平均値および平均値 $\pm 3\text{mm}$ となるように， $Z_p=99.6\text{mm}$ ($d=30.9\text{mm}$), 85.4mm ($d=34\text{mm}$), 112.7mm ($d=28\text{mm}$)とした．超音波の入射角 ϕ_1 はろう付面に対して垂直に入射するようにスネルの法則を用いて決定した．測定ピッチを 0.5mm ，探触子への印加電圧を 200V とした．

勾配付きのチップを測定する場合，測定位置により厚みが変わる．すなわち，超音波の伝播距離が変わるため，ろう付面からの反射波は，超音波の減衰や探触子の距離振幅特性の影響を受ける．そこで，式 (2) を用いて反射強度を補正した．なお，本研究では距離振幅特性のみについて検討した．

$$H_C = H_R / y(z) \quad (2)$$

ここで， H_C は補正後の反射強度， H_R は受信された反射強度である． $y(z)$ は補正係数で，図4に示す超硬合金内の超音波の距離振幅特性の近似式を用いた．

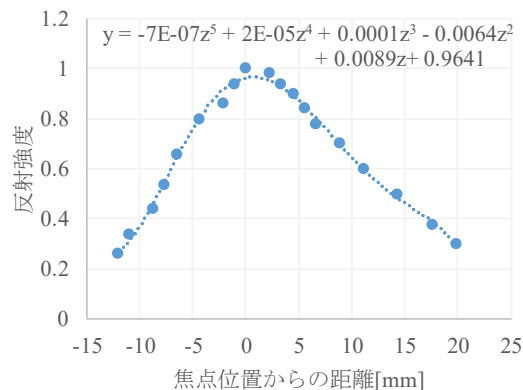
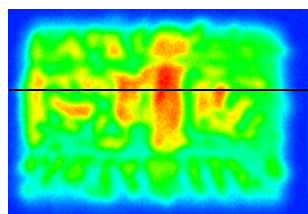


図4 超硬合金内における
超音波の距離振幅特性

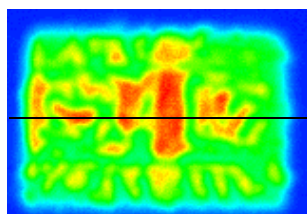
5. 実験結果および考察

図5に $\theta = 20^\circ$ の探傷画像を示す．探傷画像は反射強度を等高線で表しており，反射強度が小から大にかけて，青、黄、赤のように色分けしている．図の上辺が最厚部で，黒線は焦点を合わせた位置である．図6にろう付面の断面写真を示す．図5より，空隙と思われる箇所では反射強度が大きく，図6と比較すると，空隙の位置および形状は概ね一致していることが確認できる．また，図5(a)は，図5(b)と比較して，下側の反射強度が小さくなっている．一方，図5(c)は図5(b)と比べて，上側の反射強度が小さくなっている．

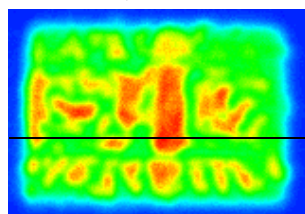
図7に，補正後の探傷画像を示す．また，図8に厚みの変化に合わせて水距離を可変して測定した場合の探傷画像を示す．図5と図7(a)，(b)を比較すると，補正後は図の上側および下側の反射強度が中央と比べて相対的に大きくなっているため，全体の反射強度は平均化されており，図8との類似度が向上していることが確認できる．一方，図7(c)は補正前よりも補正後の探傷画像が，図8との類似度が低下した．



(a) $Z_p=85.4\text{mm}$



(b) $Z_p=99.6\text{mm}$

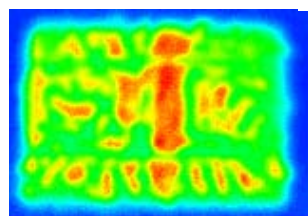


(c) $Z_p=112.7\text{mm}$

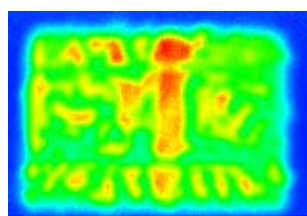
図5 探傷画像 ($\theta = 20^\circ$ ，補正前)



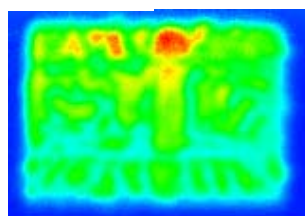
図6 断面写真



(a) $Z_p=85.4\text{mm}$



(b) $Z_p=99.6\text{mm}$



(c) $Z_p=112.7\text{mm}$

図7 探傷画像 ($\theta = 20^\circ$ ，補正後)

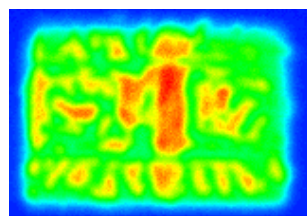


図8 探傷画像
(水距離可変)

6. まとめ

勾配付きろう付試験体に対して水距離一定として測定したとき，水距離が探傷結果に及ぼす影響について検討した．その結果，補正後の探傷画像において，厚みの平均値よりも薄い側に焦点を合わせた場合は，厚い側に合わせた場合よりも水距離の影響が顕著であった．

参考文献

- (1) 岩本 達也，嘉屋 文隆，佐々木 誠，高倉 克彦，森田 泰司，シールドマシンにおけるカッタービットの再利用技術の開発～非破壊検査～，土木学会第67回年次学術講演会，VI-144，2012.9