超音波を用いたカッタービットのろう付面積評価の推定精度に及ぼす測定条件の影響

有明工業高等専門学校				正会員〇岩本		達也
ヤンマー建機株式会社				非会員	境	俊-
株式会社丸和技研				正会員	佐々オ	ト 誠
大成建設株式会社	フェロー会員	森田	泰司	正会員	高倉	克彦

Water

Reflected wave

Cemented carbide

Reflected wave

Carbon steel

Propagation path 1

Silver solde

20

Ultrasonic Transducer

Propagation path 2

Transmitted wave

Void

C.e

図1 測定原理

50

Cutter bit

1. はじめに

著者ら⁽¹⁾は、再利用を目的として、カッタービットの健全性評価方法の検討や使用済みカッタービットを搭載したシールドマシンを用いた実証実験などを行ってきた.その結果、カッタービットの外観およびろう付面の接合状態を検査することで健全性を評価できることが分かった.ろう付面の評価には超音波探傷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.この方法を用いると空隙の位置や形状を推定することが可能であるが、測定条件により推定誤差が大きくなる場合があった.本研究では、空隙の推定精度の向上を目的として、探触子の印加電圧や利得などの測定条件を変えて超音波探傷を行い、これらの測定条件が探傷結果に及ぼす影響について検討を行った.

2. 測定原理

図1に超音波探傷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 のときの音圧の反射率Rは式(1)で表される.

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \tag{1}$$

ここで、Z₁および Z₂はそれぞれ、水と超硬合金の音響インピーダンスであ る.式(1)より、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、 インピーダンス値の差が大きいほど強く反射する.そのため、超音波はろ う付部内にある空隙部の境界面でほぼ 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.

3. 供試体

図2に供試体の形状を示す.供試体には超硬合金E 種と炭素鋼(S45C, 50mm×50mm×12mm)をろう 付し,超硬チップの厚みtは20mmとした.

4. 実験方法および実験装置

超音波探傷装置を図3に示す.超音波探傷装置は走 査装置,制御用 PC,計測用 PC,走査装置用制御ボ ックスおよび超音波パルサレシーバ(ジャパンプロ

キーワード シールドマシン,カッタービット,超音波探傷,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



ーブ製 JPR-10C) で構成される. 走査装置は, 電動スライダを直交するように組み合わせており, それぞれを x 軸, y 軸, z 軸とした. z 軸のスライダのプローブの先端に超音波探触子が搭載されている. 超音波探傷は, 水槽内(水温20°)に供試体を設置し,水浸用点集束探触子(ジャパンプローブ製, 5C30PF150,中心周波数5MHz, 焦点距離約 154mm, 集束径約 2mm)を供試体表面に対して平行に走査させて測定した. 供試体は, 探傷側表面 から探触子までの距離(水距離)が一定になるように設置し, 水距離 Z_pは, ろう付面で焦点があうように式 (2) により決定した.

$$z_{\rm p} = z_{\rm i} - \frac{C_{\rm M}}{C_{\rm W}} d \tag{2}$$

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はそれぞれ水と超硬合金の音速である.(2)式より水距離は 63.1mm とした.超音波の入射角は供試体の表面に対して垂直に入射するように調整し、測定ピッチを 0.5mm、走査速度を 8.0mm/s とした. 測定条件として、探触子への印加電圧を 50V、100V、200V に設定し、それぞれ利得調整後に測定した.利得の調整方法は、まず供試体と同じ形状の超硬チップを水中に設置し、底面からの反射強度が 0.5V、1.0V、2.0V になるように調整した.

5. 実験結果および考察

図4,図5に印加電圧200V,利得20.1dBのときのろう付面の断面写真,探傷画像を示す.探傷画像は各測 定点の反射強度を等高線で表し,強度が小さい場合は青,大きくなるに従い,黄から赤のように色分けしている.図5を見ると,空隙と思われる箇所では反射強度が大きくなっている.探傷画像と断面写真を比較すると, 細かい空隙は確認できないが,大きな空隙は概ね一致していることが確認できる.また,空隙同士の距離が近

い場合,隣接する空隙からの反射波の 影響を受けるため,空隙の境界が判別 できないことも確認できる.次に探傷 画像の二値化を行い,利得を変化させ た場合について比較を行った.閾値は, 実際のろう付け面積比に合うように 調整時の反射強度の 65%に設定した. 図6に全体の二値化画像を示し,図7, 図8に空隙Aおよび空隙Bの比較を 示す.印加電圧は 50[V]に設定し,利 得は20.1[dB],26.4[dB],32.9[dB]とし た.図7,図8より利得が大きいほうが 欠陥を大きく評価していることが分 かる.また,その傾向は比較的面積の 小さな空隙によく見られた.



6. まとめ

測定条件が探傷結果に及ぼす影響について実験を行った結果,利得が大きいほどろう付面の空隙を大きく評価するという定性的な傾向があり、その影響は面積の小さな空隙に顕著に表れることが確認できた.

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