

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～

有明工業高等専門学校
株式会社丸和技研
大成建設株式会社

正会員○岩本 達也
正会員 佐々木 誠
正会員 森田 泰司
嘉屋 文隆
正会員 高倉 克彦

1. はじめに

シールド工法に用いられるシールドマシンにおいて、使用済みビットを再利用するにあたり、再利用する工事に必要となる性能がそのビットに備わっていることを明確にするための、使用済みビットの健全性を診断する技術を開発した。本編では使用済みビットのろう付面の非破壊検査について報告する。

2. 超音波探傷を用いたろう付部の非破壊評価

市販されているカッタービットの多くは、写真 1 のように超合金のチップを台金にろう接によって固定しており、ろう付部の接合強度が弱ければチップの脱落などが生じる。このため、ビットの健全性を評価するためにはろう付部を評価する必要がある。評価方法として、超音波探傷を用いた方法を提案する。図 1 に測定原理を示す。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 (超合金) 到達する。水と超合金との境界では、送信波の一部が反射し、一部が透過波となって超合金の内部に伝播するが、そのときの音圧の反射率 R は次式で表される。

$$R=(Z_2-Z_1)/(Z_1+Z_2)$$

ここで、Z は音響インピーダンスである。上式より、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はほぼ 100% 反射し(伝播経路②)、その音圧(エコー高さ)は超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。

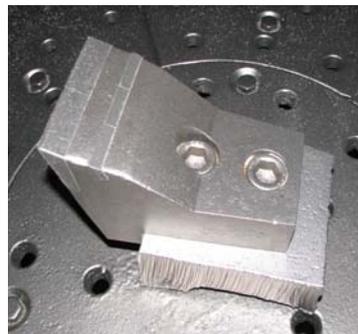


写真 1 カッタービット

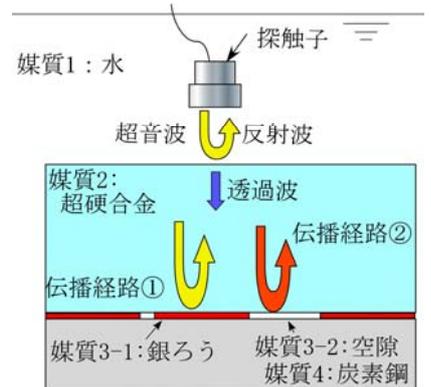


図 1 測定原理

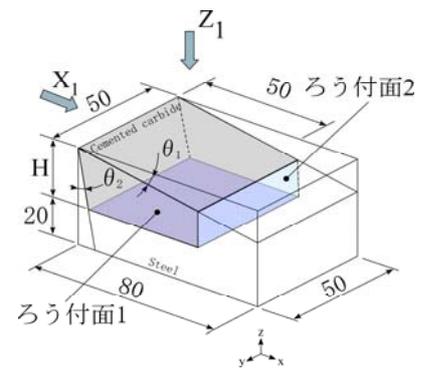


図 2 試験体

3. 供試体

図 2 に試験体の形状を示す。試験体は、写真 1 に示すカッタービットをモデル化し、勾配のついたチップと台金で構成される。材質はすべて超鋼合金が E 種、台金が S45C であり、これらを銀ろうなどを用いてろう接している。図中の X₁、Z₁ は探触子をあてる方向を示している。

勾配の大きさを表すパラメータとして、x 軸との傾きを θ_1 、z 軸との傾きを θ_2 とした。試験体は、 $\theta_2 = 15^\circ$ で、 $\theta_1 = 10^\circ, 15^\circ$ の二種類を製作した。

4. 実験方法および実験装置

図 3 に超音波探傷装置の概略図を示す。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スレシーバ(ジャパンプローブ製

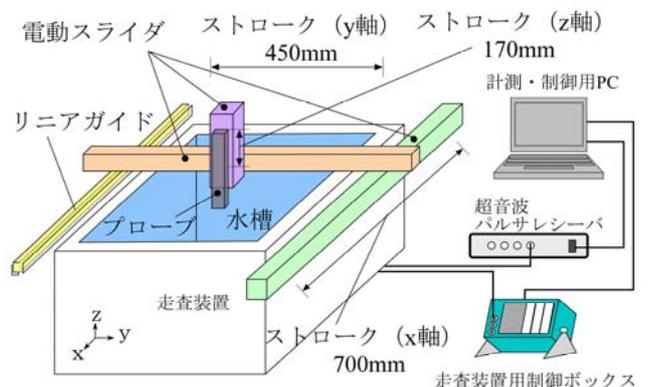


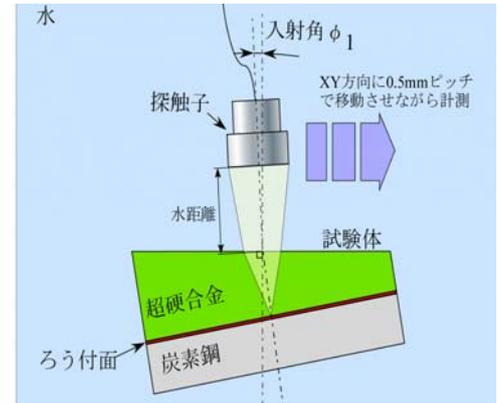
図 3 実験装置

キーワード カッタービット, 再利用, 健全性, ろう付, 非破壊検査, 超音波探傷

連絡先 〒836-8585 福岡県大牟田市東萩尾町 1 5 0 有明工業高等専門学校 TEL0944-53-8626

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。x,y,z 方向の有効ストロークは、それぞれ 700mm, 450mm, 170mm である。Z 軸のスライダには、自動ゴニオステージが取り付けられており、プローブの角度が調整可能となっている。ゴニオステージの座面にプローブが取り付けられ、その先端に超音波探触子が搭載されている。

図 4 に実験方法の概略図を示す。超音波探傷は、図 3 に示す超音波探傷装置を用いて、水槽内(水温 20°C)に試験体を設置し、水浸用点集束探触子(5C30PF150, 中心周波数 5MHz, 焦点距離 150mm) を走査させて測定した。超音波探触子は、ろう付面に垂直に入射するよう入射角 ϕ_1 を調整した。探傷ピッチは XY 方向にそれぞれ 0.5mm ピッチで試験体表面に対して平行に走査させた。



5. 実験結果および考察

図 5 に実験によって得られた探傷波形を示す。図中の T, S₁, S₂, R, B はそれぞれ送信波, 表面での反射波(一回目), 表面での反射波(二回目), ろう付面での反射波, 台金の底面での反射波である。超音波探傷の結果として, R の部分を抽出し, この振幅値をエコー高さとして画像化した超音波探傷画像を示す。

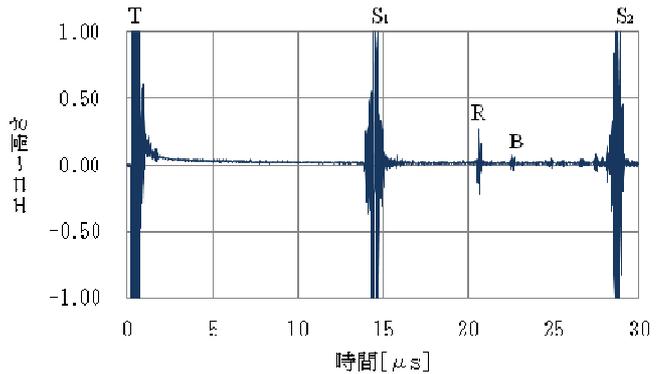


図 5 エコー波形

図 6 および図 7 に超音波探傷画像およびろう付面の断面写真を示す。なお, 超音波は Z₁ 方向から入射させている。図 6(a)において, エコー高さが大きい領域が赤色, 低い領域が青色, その間を赤→黄→緑→青とエコー高さに応じて変化させている。また, 図 6 の左側が試験体の先端部になるように配置しており, 右から左にかけて超硬合金の厚みが 10mm から 20mm まで変化している。図 7 も同様に厚みが 10mm から 30mm まで変化している。

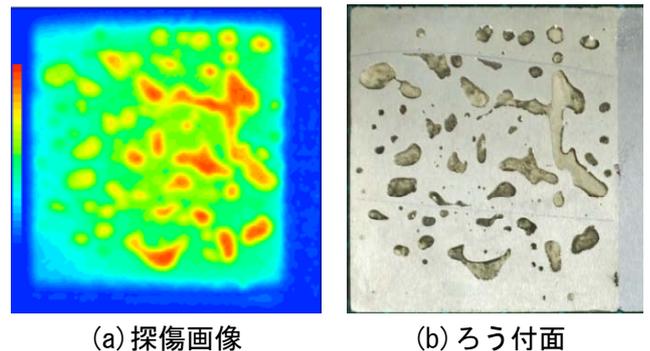


図 6 測定結果 ($\theta_1=10^\circ$)

図 6(a)において, 局所的に赤色もしくは黄色に変化している領域が確認できる。このような領域は, エコー高さが大きく空隙(空気と接している部分)と推定される。図 6(b)と図 6(a)を比較すると推定された空隙と実際のろう付面における空隙部の大きさや形状が良く一致していることが確認できる。図 7(a)と図 7(b)も同様である。しかし, 図 7(a)のチップの厚い領域(左側)では, エコー高さが中央部に比べて低く, 空隙の形も表れていないことが確認できる。これは, 材料中の減衰と超音波探触子の距離振幅特性の影響であると考えられる。

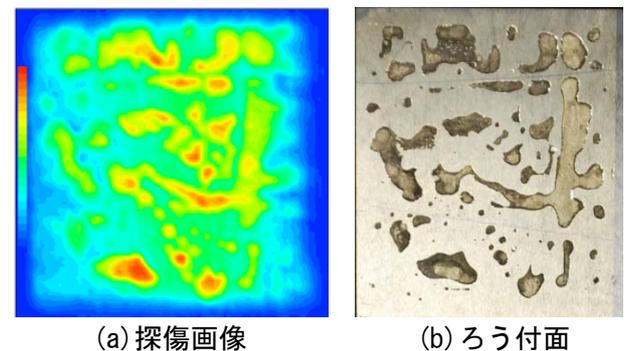


図 7 測定結果 ($\theta_1=15^\circ$)

6. おわりに

超音波探傷を用いて, 使用済みビットの非破壊評価方法を提案し実験により検証した。その結果, 空隙で反射したエコー高さが, ろう付部よりも大きいことが確認され, 空隙の形状および位置の推定が可能であると考えられる。