

超音波パルス反射法によるろう付面積推定における試験体厚みの影響

株式会社丸和技研

正会員○佐々木 誠

非会員 嘉屋 文康

大成建設株式会社

フェロー会員 森田 泰司

有明工業高等専門学校

正会員 岩本 達也

株式会社 M テック

非会員 永江 俊介

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、使用済みカッタビット（図-1）を再利用するために、超硬チップとシャンク材との接合面（ろう付面）を、超音波探傷によって診断を行い、ビットの健全性を評価する方法を開発⁽¹⁾してきた。この際、探傷結果から二値化を行ってろう付接合面積を算出しているが、この時の閾値は同形状のビットの接合面を露呈して接合面積を算出し、この面積と同等になるように決定してきた。しかし、この方法では、形状の異なるビット毎に接合面を削り出す必要があり、効率的な健全性の評価のためには、閾値の標準化が重要と考えられる。そこで、閾値を標準化するための一検討として、超硬チップの厚みが、探傷画像に与える影響について検討を行った。

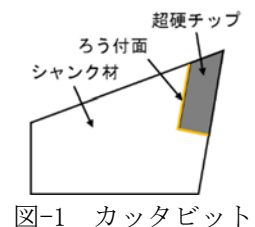


図-1 カッタビット

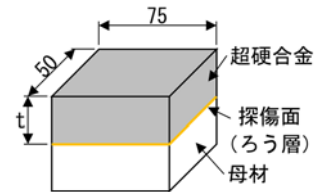


図-2 試験体形状

表-1 探触子仕様

	単位	探触子1	探触子2
中心周波数	MHz	5	5
水中における焦点距離	mm	154	240
収束径	mm	2	3
振動子直径	mm	30	30

2. 試験方法

測定装置は、走査装置、制御用 PC、超音波パルスレシーバーで構成されており、試験体は図-2 に示すように、超硬合金（以後、超硬）と母材（SS400）をろう付したものを使用した。超硬の板厚 t は 20, 30, 40, 50mm の 4 ケースとし、各板厚の試験体数は 3 個とした。探傷面は 50mm×75mm とし、測定は水温 20℃の水中に試験体を設置し、点集束水浸探触子を走査した。表-1 に使用した点集束水浸探触子の仕様を示す。 $t=20$ mm は探触子 1 を使用し、 $t=30, 40, 50$ mm は探触子 2 を使用した。超音波の入射角は試験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 0.5mm、走査速度は 8.0mm/s とした。非破壊検査方法として超音波パルス反射法を用いた。試験手順は、まず試験体に対して超音波パルス反射法を行い、探傷画像を得た後、母材側を削り出してろう付面を露呈させ、断面写真を得る。その断面写真を元に画像解析ソフトを用いて空隙面積を測定した。

3. 試験結果および考察

(1) 探傷画像

図-3 に各試験体の探傷画像（上段）と画像処理後のろう付面画像（下段）を示す。探傷画像は反射強度のコンター図を示し、赤が最大値、青が最小値を示す。白色の枠はチップ形状を示す。ろう付面画像は、白色の部分がろう付部で、黒色の部分が空隙である。図-3 より、探傷画像の反射強度が大きい赤色部分と、ろう付面画像の空隙部が、ほぼ一致していることがわかる。また、試験体の厚みが増すと試験体端部（白枠と赤枠の間）の反射強度が小さくなっていることがわかる。

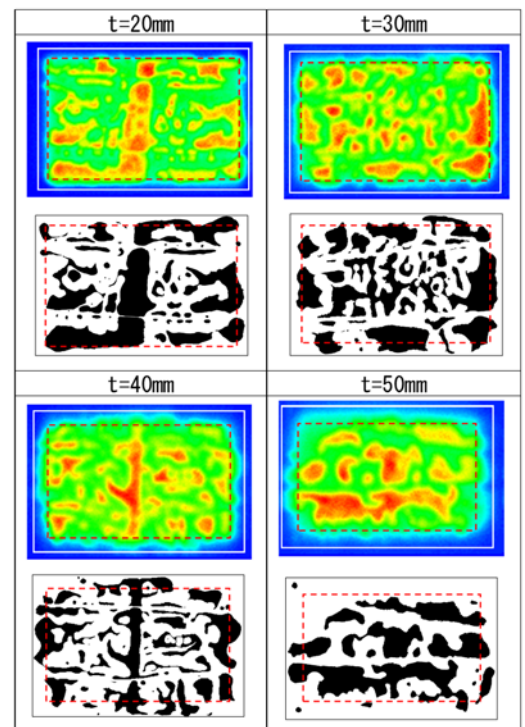


図-3 探傷結果とろう付面画像

キーワード シールドマシン、カッタビット、超音波パルス反射法、ろう付面積

連絡先 〒822-0003 福岡県直方市大字上頓野 4965-1 株式会社丸和技研 技術営業グループ TEL0949-26-6733

(2) 反射強度と空隙面積

図-4 に超硬の厚さごとの、空隙面積と反射強度の関係を示す。各空隙の範囲内での最大反射強度を、その空隙の反射強度とし、反射強度はそれぞれの試験体での最大反射強度で正規化した。図-4 より、どの板厚に対しても、空隙面積が 50mm² 以上と 50mm² 未満で分けて考えると、それぞれの傾向がほぼ同じであり、空隙面積が 50mm² 以上になると最大反射強度は、ほぼ 0.8 以上になっていることがわかる。図-5 に、空隙面積が 50mm² 未満と 50mm² 以上の反射強度の平均値を示す。これより、50mm² 以上の平均値は、0.86～0.92 程度であるのに対し、50mm² 未満では 0.58～0.72 程度となり、空隙面積が小さくなると、反射強度も小さくなることがわかる。また、50mm² 未満、50mm² 以上のいずれも、板厚が増すにつれて反射強度の平均値が、減少していることがわかる。

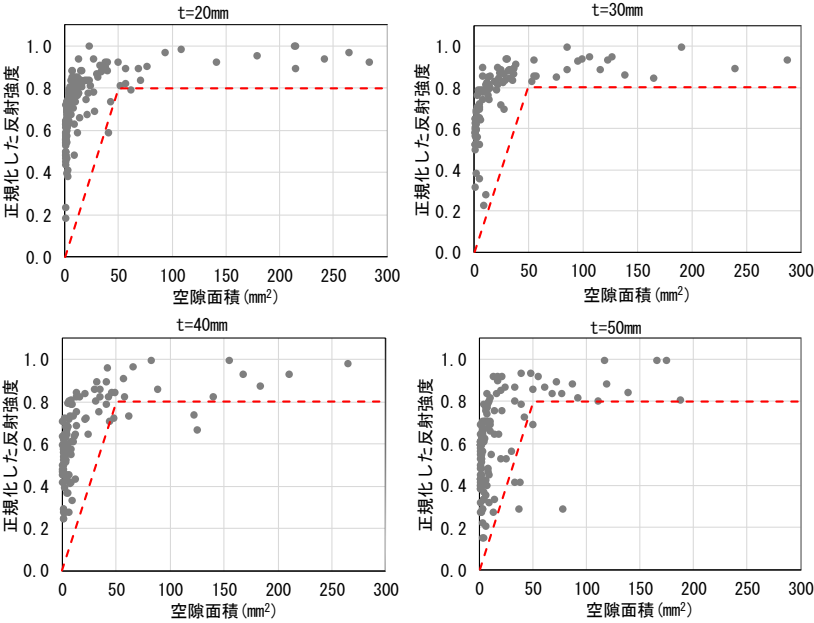


図-4 空隙面積と反射強度の関係

表-2 未探傷距離

板厚	未探傷距離
20mm	3.5mm
30mm	4.0mm
40mm	5.0mm
50mm	6.0mm

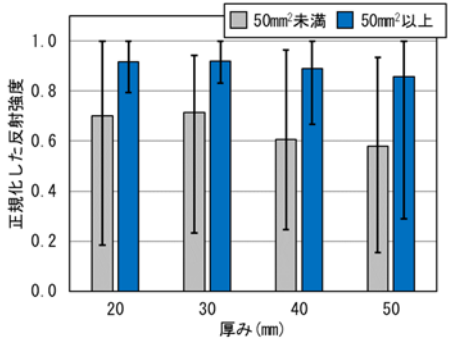


図-5 平均反射強度

(3) 厚みによる影響

図-3 の探傷画像において、白枠は超硬の大きさを示し、赤枠はコンター図より、探傷できていると考えられる範囲を示す。この赤枠をろう付画像に示すと、赤枠の外側の試験体端部の空隙は、測定できていないことがわかる。この時の超硬端部から赤枠までの距離（未探傷距離）を表-2 に示す。これより、板厚が増すにつれて試験体端部で探傷できていない範囲が増加していることが分かる。図-6 に点集束探触子を用いて測定する際の入射波を示す。(a)の中央部では、入射波は探傷面のろう層に 100% 入っていることがわかるが、(b)の端部においては、探傷面に入射波が 100% 入っていないことがわかる。また、板厚の違いによる端部入射波の影響を図-7 に示す。これより、板厚が増すと水距離が短くなり、入射波が 100% 入る位置を、探触子の中心から超硬端部までの距離を x とすると、距離 x は板厚が増すと大きくなる。これは表-2 から明らかである。これより、端部では超音波の入射波が探傷面に 100% 届かない箇所が存在し、超硬の厚みが増すと、その影響を受ける範囲が増大することがわかった。

4. まとめ

空隙面積が 50mm² 未満の平均反射強度は、50mm² 以上と比べると小さくなり、板厚が増加すると平均反射強度が減少する傾向になることがわかった。また、超硬端部は入射波が減少することで反射強度が低下し、超硬の板厚が増すと影響範囲が拡大することがわかった。

【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

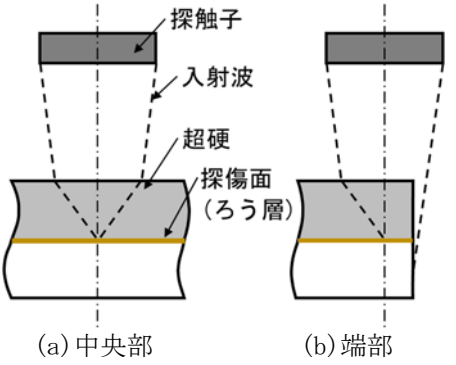


図-6 端部入射波の減少

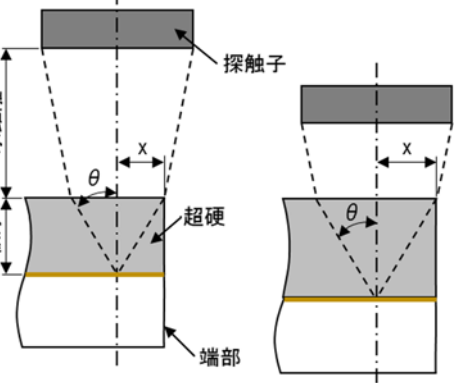


図-7 板厚による端部入射波の影響