

礫層掘削に効果的な薄型多層チップ構造の提案

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

1. はじめに

シールド工法に使用されるカッタビットは、掘削時に礫や玉石が出現して超硬チップ（以後、チップという）部に接触すると、チップに割れ・欠けを生じることがある。筆者らは、チップの破損は静的な押し付け力によるものと考えており、チップ先端に荷重がかかると、チップ表面に引張力が生じてクラックが発生し（図-1）、割れ・欠けが生じると考えられる。そこで、チップの破損に対して、ビットのすくい角、逃げ角およびチップの厚みに着目して、チップの発生応力を FEM で求め、その結果より薄型多層チップ構造を考案して実験的検討を行った。

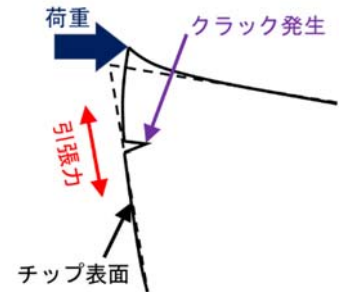


図-1 チップ破損概略図

2. 解析による検討

(1) 解析要領

FEM は SOLIDWORKS Simulation による弾性解析を行った。材料諸元はチップが E5 相当（弾性係数 $5.60 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 0.22）で、シャンク材は SS400（弾性係数 $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 0.29）とした。ビット形状を図-2に示し、荷重は $1 \times 5 \text{ mm}$ の面に 10 kN の分布荷重とした。すくい角 θ_1 、逃げ角 θ_2 および板厚 T をパラメータとして、チップに発生する最大主応力を算出した。

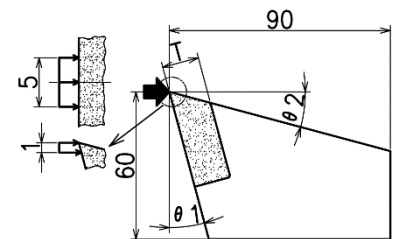


図-2 ビット形状

(2) すくい角・逃げ角について

すくい角、逃げ角はそれぞれ 0° 、 10° 、 20° の 3 パターンとし、これらの組合せによる 9 ケース行った。チップの板厚は 15 mm とする。図-3に逃げ角に対するすくい角と最大主応力の関係を示す。逃げ角が 0° 、 10° では、すくい角が大きくなるにつれて発生応力は小さくなるが、逃げ角が 20° の場合は、すくい角が大きくなるにつれて発生応力が大きくなる。また、同じすくい角では、逃げ角が大きくなるにつれて発生応力も大きくなるのがわかる。

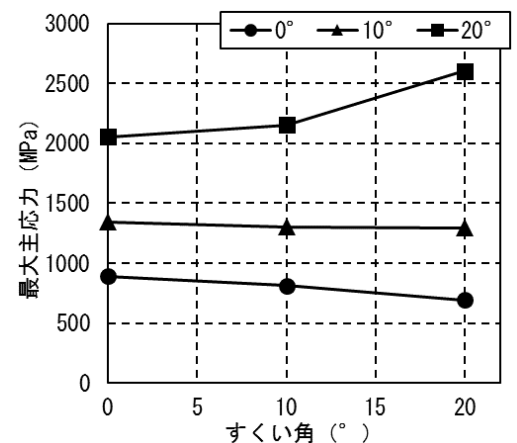


図-3 最大主応力-すくい角関係

(3) 板厚について

すくい角と逃げ角は同じとし、 10° 、 15° 、 20° の 3 パターンに対して、チップの板厚を $5, 10, 15, 20 \text{ mm}$ とした 12 ケース行った。図-4にすくい角・逃げ角に対する板厚と最大主応力の関係を示す。これより、すくい角、逃げ角が同じであれば、板厚が変化しても発生応力に大差はないことが分かる。

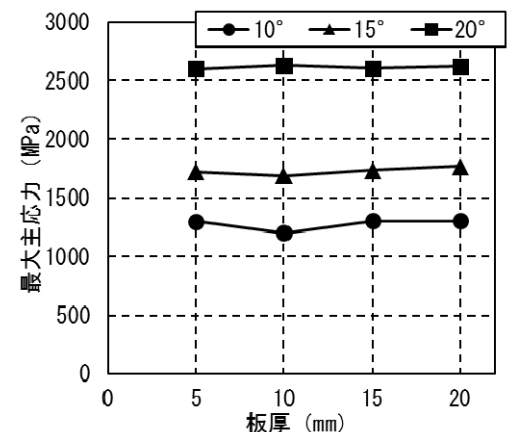


図-4 最大主応力-板厚関係

(4) 薄型多層チップ構造の提案

解析結果より、チップに発生する最大主応力は、すくい角、逃げ角に依存しており、板厚には依存していないことが分かった。そこで、図-6(b)に示すような薄いチップを重ねてろう付をした薄型多層チップを考案し、静的載荷実験による検討を行った。

キーワード シールドマシン、カッタビット、礫層掘削、薄型多層チップ、FEM、静的載荷実験

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

3. 載荷実験による検討

(1) 実験要領

載荷実験は 1,000kN 万能試験機を使用し、載荷ケースは図-5 に示すように、分布荷重と集中荷重とした。分布荷重はビット幅全体に荷重を均等に載荷し、集中荷重は $R=50\text{mm}$ の形状をした載荷治具（超硬合金）を使用してビットの中心に荷重を載荷した。

(2) ビットタイプ

実験に使用したビットの幅は 50mm とし、形状は図-6 に示すようにすくい角 20° 、逃げ角 10° とした。チップ厚は従来構造を 15mm とし、薄型多層チップは $3\text{mm} \times 5$ 枚 = 15mm とした。

(3) 実験結果

1) 分布荷重

従来構造の終局荷重が 232kN であったのに対し、薄型多層チップは 261kN となり、従来構造の 1.1 倍であった。最終破壊状態を図-7 に示す。これよりどちらもチップ底面のろう付部が破壊している。

2) 集中荷重

荷重-変位関係のグラフを図-8 に、破壊進展状況を図-9 に示す。従来構造は 16kN で初期破損が発生し、その後荷重の増加と共に、チップ表面の破損が拡大していき、98kN でチップ下面まで破損が到達し、117kN でチップ内部が大きく破損して終局状態となった。薄型多層チップは、12kN で初期破損が発生したが、1 層目にクラックが発生しただけで、チップの剥離は起こらなかった。その後荷重の増加と共に、1 層目のチップのみが圧壊をするように破壊が進行し、121kN で 3 層目までのクラックが発生した。しかし、その後も荷重は増加し 200kN で大きなクラックが発生し終局状態となった。

4. まとめ

薄型多層チップは、礫層掘削に使用するカッタビットに有効的な構造と考えられ、今後、実証実験を行って性能の確認をする予定である。

【参考文献】佐々木ら：シールドマシン用ビットの超硬チップ破損に関する実験的評価方法の一考察，土木学会第 70 回年次学術講演会（平成 27 年 9 月）

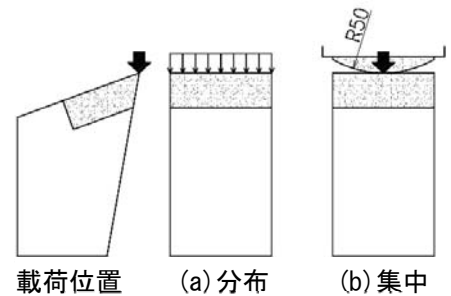
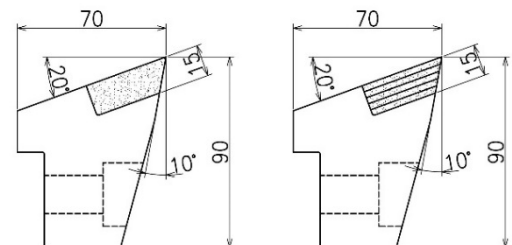


図-5 載荷概略図



(a) 従来構造 (b) 薄型多層

図-6 ビットタイプ



(a) 従来構造 (b) 薄型多層

図-7 終局状態

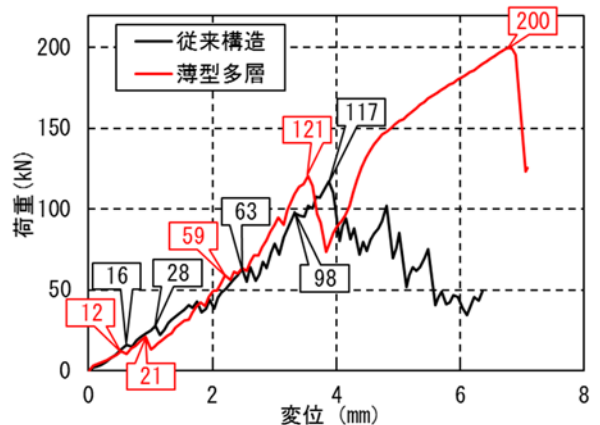
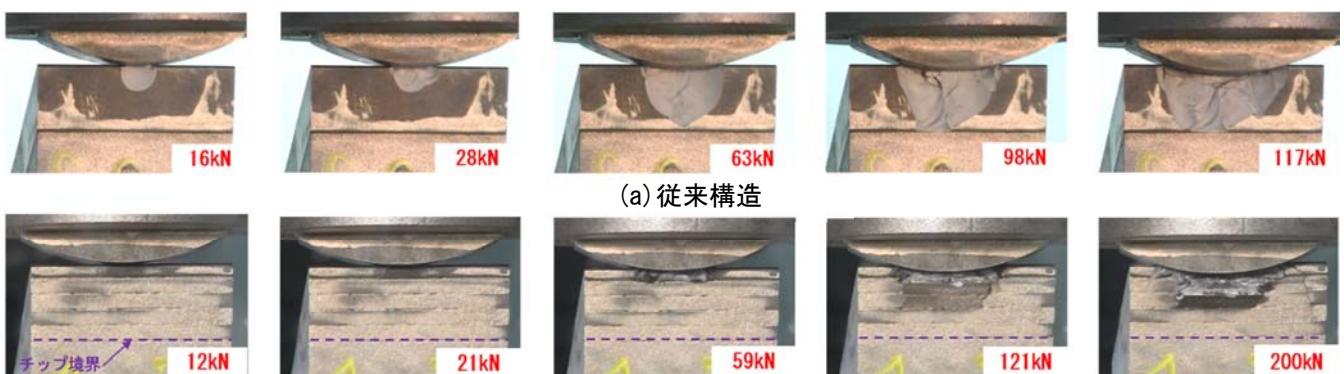


図-8 荷重-変位関係



(a) 従来構造

(b) 薄型多層

図-9 破壊進展状況