

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

株式会社丸和技研 正会員○佐々木 誠 嘉屋 文隆
大成建設株式会社 正会員 森田 泰司

1. はじめに

近年、シールド工法は長距離掘進や玉石・礫混じり地盤の施工例が増大しており、そのような施工環境下においては、カッタービットが施工中に地盤内の礫や玉石と接触して超硬チップ（以後、チップと呼ぶ）が破損し（図-1）、切削能力の低下を引き起こす。このことからビットの耐衝撃性に着目した開発を進めているが、ビットの実験的評価方法は十分に検討されていないのが現状である。そこで、ビットの性能評価方法を確立するために、衝撃実験、静的実験による検討を行った。



図-1 ビット破損の一例

2. 落錘式衝撃実験

(1) 実験要領

ビットの耐衝撃性実験は、落錘式衝撃実験装置を製作し、ビットのチップに対する衝撃実験を行った。実験に使用したビット形状を図-2 に示し、荷重方向は図-3 に示す3方向とした。実験方法は、図-4 に示すように先端形状が $R=5\text{mm}$ の衝突治具（超硬合金）を使用した。設定した落下高さより錘を落下させてチップに衝撃力を与え、チップが破損するまでの回数を測定した。

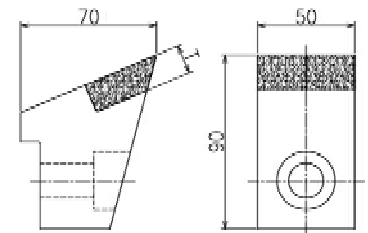


図-2 ビット図

(2) 衝撃速度

落錘式衝撃実験は、錘を試験体に衝突させて衝撃力を与える実験方法で、衝撃速度が試験体に発生させる応力の大きさに、最も影響を及ぼす。そのため、実験の衝撃速度を、実工事でビットが回転する周速と合わせることにした。一例として、シールドマシン径が $\phi 3.0\text{m}$ 、回転数が 2.0rpm とすると、最外周のビットの周速は 18.8m/分 となる。自由落下における落下高さと速度の関係より、落下高さは $h = v^2/(2g)$ より求められ $h=5\text{mm}$ となる。

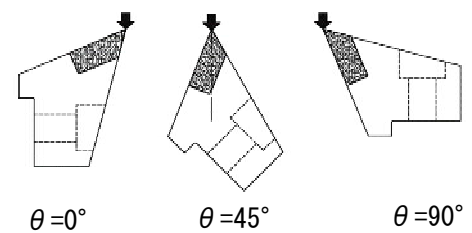


図-3 荷重方向

(3) 実験結果

落下高さを 5mm として、錘の重量を $10, 20, 30\text{kg}$ で実験を実施したが、 30 回衝撃力を与えても、チップが破損する様子が全くなかった。そのため、チップがある程度の回数で破損する落下高さを実験により求め、落下高さは 30mm と決定した。錘の重さが $10, 20\text{kg}$ 時の結果を表-1 に示し、 10kg の破損状態を図-5 に示す。この結果より、傾向や有意差を求める結果は得られず、また、落下高さが 30mm の衝撃速度は 46.0m/分 となり、落下高さが 5mm の場合の 2.4 倍となっていることから、実現象とはかけ離れていると考えられる。よって、チップの破損は衝撃力によって発生するのではなく、ビットが礫等に押し付けられる静的荷重によって破損するのではないかと考え、静的載荷実験による評価方法を検討した。

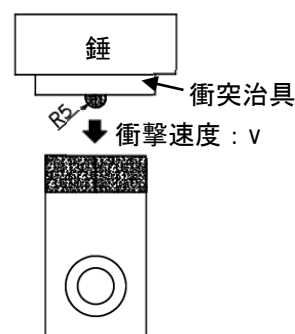


図-4 衝撃実験イメージ



図-5 破損状態

表-1 破損までの回数

		錘重量	
		10kg	20kg
荷重方向	0°	2	13
	45°	1	1
	90°	1	1

キーワード シールドマシン, カッタービット, 性能評価方法, 静的載荷実験, 落錘式衝撃実験

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. 静的載荷実験

3.1 連続載荷実験方法

(1) 実験要領

静的載荷実験は 1,000kN 万能試験機を使用し、図-6 に示すような $R=50\text{mm}$ の形状をした載荷治具(超硬合金)を用いてビットに荷重を載荷した。ビット形状は衝撃実験と同様に図-2 の形状とし、載荷方向は図-3 の3方向とした。

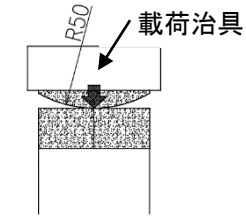


図-6 載荷イメージ

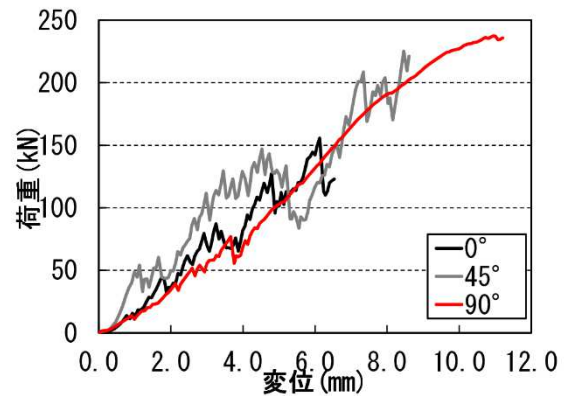


図-7 荷重-変位

(2) 実験結果

荷重-変位図を図-7 示す。これからわかるように、変位が増加するにつれて、荷重が落ちるところが多数発生している。これは荷重の増加に伴いチップが破損して、荷重が落ちることを繰り返している。代表として $\theta=0^\circ$ の最終破壊状態を図-8 に示す。これより、載荷治具の形状に圧壊していく破壊を示していることから、ビットの実損傷とは破壊形態が異なると考えられる。



図-8 最終破壊状態

3.2 繰り返し載荷実験方法

(1) 実験要領

載荷治具は連続載荷方法と同じ治具を使用した。載荷方法は、チップが破損したら荷重を除荷して、図-9 に示す順番で載荷位置を変えて再度載荷することを繰り返し行い、終局状態になるまでの累積荷重で評価を行った。荷重方向は、図-3 に示す $\theta=0^\circ$ のみとした。

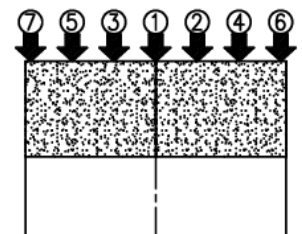


図-9 載荷順序

(2) 実験結果

破損進展状況を図-10 に示す。1 回目の載荷では 14kN でチップ表面が破損し、1 サイクル目は載荷位置を変更しても、同じような破損形態を示している。その後破損が進展すると 6 サイクル目にシャンク材部までチップの破損が進展し、8 サイクル目には表面全体がシャンク材部まで達している。最終的にはチップが圧壊して内部の破壊が進展し、11 サイクル目に荷重が伸びなくなったため実験を終了した。



(a) 1回目

(b) 1サイクル

(c) 6サイクル

(d) 8サイクル

(e) 最終破壊

図-10 破損進展状況

図-9 の①~⑦を1サイクルとして、各サイクルの平均荷重と累積荷重を図-11 に示す。これより、1回の荷重は1 サイクル目が 10kN 程度であるのに対し、サイクルを増すにつれて平均荷重が増加している。このことより、実際の破損進展の荷重状態とは異なると考えられるが、破損の進展状況から判断すると、繰り返し載荷方法での評価は適しているのではないかと考えられる。

4. まとめ

繰り返し載荷実験方法で、より実現に近い評価ができたと考えられるが、載荷治具の材質や荷重載荷方法をさらに検討し、実現の再現により近づけていく予定である。

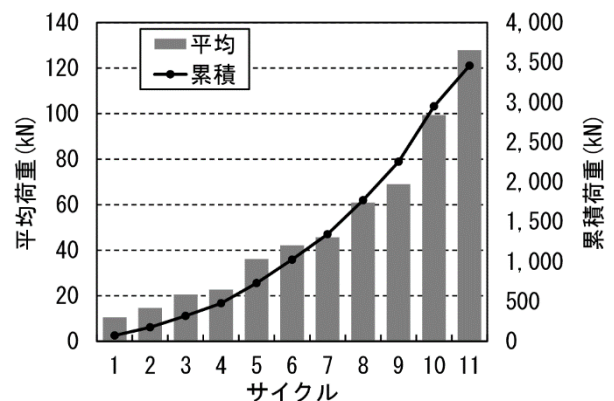


図-11 平均荷重と累積荷重