シールドマシン用ビットの最適超硬チップ選定の検討

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

シールドマシンに使用するビットの刃先部は超硬チップ（以後，チップという.）を使用しているが，チップの材種は，主に E5 と呼ばれる材種を使用している．これは JIS M3916（2013 年廃止）の「鉱山工具用超硬チップ」の規格で，表-1 に示すように硬さと抗折力で規定されているが，参考値として Co 量も規定しており，基本的に超硬メーカーはこれらを元にチップの製造をしている．しかし，このチップの規格は，削岩機に使用するビットのチップの規格であり，チップに作用する外力特性はシールドマシンのビットと大きく異なる．そこで本研究では，チップの銘柄から検討銘柄を抽出し，それらのチップの特性を把握するために，土砂摩耗試験とビットの載荷試験を実施し，シールドマシン用ビットのチップとして最適な材種の選定検討を実施した．

表-1　規格

分類記号	硬さ HRA	抗折力 GPa	Co %
E1	90	1.2	4-8
E2	89	1.4	5-10
E3	88	1.6	7-12
E4	87	1.7	8-13
E5	86	2.0	9-17

2. 摩耗試験

(1)試験ケース

チップの銘柄のうち，硬さ，破壊靭性値および圧縮強度に着目して 9 種類の銘柄を選定した．選定したチップの硬さと抗折力を表-2 に示す．これらの数値はカタログ値で，ケース No.は硬さの高い順とした．このメーカーでの E3 は CASE-5，E5 は CASE-6 となる．

表-2　試験ケースと材料特性

CASE	硬さ HRA	抗折力 GPa	摩耗試験	載荷試験	備考
CASE-1	91.5	3.2	○	○	
CASE-2	91.0	3.4	○	－	
CASE-3	90.0	2.9	○	○	
CASE-4	89.0	3.0	○	－	
CASE-5	88.0	2.9	○	○	E3
CASE-6	86.5	2.9	○	○	E5
CASE-7	85.5	2.9	○	－	
CASE-8	83.5	2.8	○	○	
CASE-9	83.0	2.5	○	○	

(2)試験方法

摩耗試験は，土砂摩耗試験による摩耗減量の測定を実施した．土砂摩耗試験は，図-1 に示すようなラバーホイール法（ASTM G65-00e1 に準拠）によって実施した．試験条件を表-3 に示す．摩耗評価は重量減量とし，3 体の試験片の平均値とした．

表-3 摩耗試験条件

試験力	130N
回転速度	200rpm
試験砂	白銀珪砂6号
土砂流量	350g/min
試験時間	60min

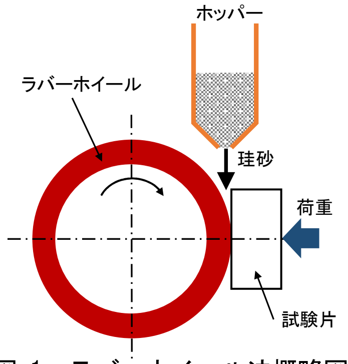

図-1　ラバーホイール法概略図

(3)試験結果

摩耗試験結果と硬さの関係を図-2 に示す．これより，全体的には硬さと摩耗減量は負の相関性があると言えるので，一般的に硬いチップは摩耗しにくいということが言える．ただし，局部的にみるとそうでもなく，破線で囲っている CASE-1 と CASE-3，CASE-2 と CASE-4，CASE-5 と CASE-6 は，硬さに 1.5～2.0 の差があるが，摩耗減量は 0～0.003g 程度の差であり，耐摩耗性は同等と考えられる．シールドマシンビットで使い分けをしている E3 の CASE-5 と E5 の CASE-6 は，硬さは 1.5 の差があるが，摩耗減量は 0.003g の差でしかなく，摩耗特性は同等と考えられる．

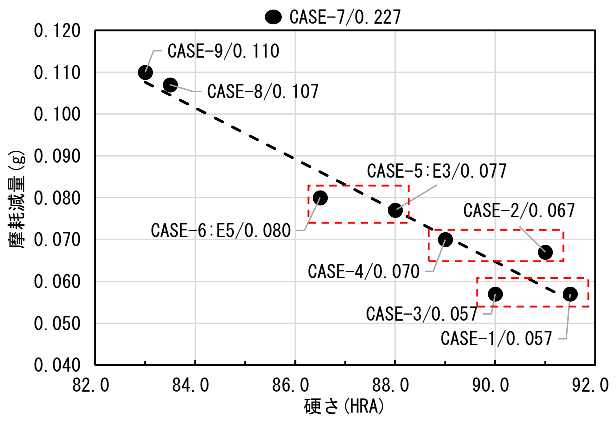

図-2　摩耗減量－硬さ関係

キーワード　シールドマシン，ビット，超硬チップ，材種，摩耗試験，載荷試験
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

© Japan Society of Civil Engineers

3. 載荷試験

(1)試験ケース

試験ケースは表-2 に示すように，摩耗試験結果を考慮して 6 ケースとした．

(2)試験方法

試験は福岡県工業技術センターが所有する万能材料試験機（2,000kN）を使用して，載荷は荷重が上がらなくなるまで継続して実施した．荷重－変位関係のデータを記録し，載荷状況を動画で撮影した．評価は初期破損荷重と最大荷重で、試験体 3 体の平均値とし，最大荷重をビット耐力とした．試験体形状は，図-3 に示すような幅 50mm のビットを製作し，R50 の形状をした押さえ治具により荷重を載荷した．

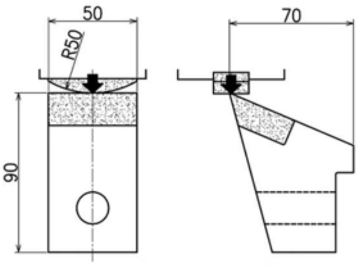

図-3　試験体形状

(3)試験結果

図-4 に初期破損荷重と最大荷重，写真-1 に初期破損状態（CASE-1 と CASE-6 のみ），図-5 に荷重-変位関係（CASE-1 と CASE-6 のみ）を示す．初期破損荷重とは，写真-1 に示すように，チップが最初に破損した時の荷重を示し，最大荷重は載荷試験中の最大値を示す．初期破損荷重は CASE-1 が 41.5kN であったが，その他は 11.3～17.4kN 程度であった．最大荷重は CASE-1 が 57.8kN であったのに対し，その他は 115.8～174.9kN となり，CASE-1 のみ異なった傾向を示している．また，写真-1 より，CASE-6 の破損部は小さいが，CASE-1 の破損部は大きいことがわかる．また，CASE-1 の初期破損荷重と最大荷重の差は，16.3kN であったことから，初期破損でほぼ最終破壊に至ったと考えられる．また，抗折力と最大荷重の関係を図-6 に示す．これより，抗折力と最大荷重は，全体的に負の相関がある傾向を示しており，チップの強度を示す抗折力が大きいほど，最大荷重は小さくなる傾向がある．

4. 摩耗減量－最大荷重関係

摩耗減量と最大荷重の関係を図-7 に示す．これより，通常使い分けている E3，E5 は摩耗減量で 0.003g，最大荷重で 2.5kN のみの差であることから，これらのチップで有意差がないと考えられる．そこで，耐摩耗重視である場合は CASE-3，礫等のチップの破損対策は CASE-9 のチップを使用した方が，よりチップの効果を生かせると考えられる．

5. まとめ

(1) 現状使い分けている E3, E5 には有意差がないと考えられる．

(2) チップが硬くなると，初期破損荷重が大きくなる傾向であるが，初期破損で最終破損に至る．

(3) 抗折力が大きいほどビットの最大荷重は小さくなる．

(4) 本検討結果を踏まえ，CASE-9 のチップを使用したビットを，門真守口シールドに搭載し実証実験を行なう予定である．

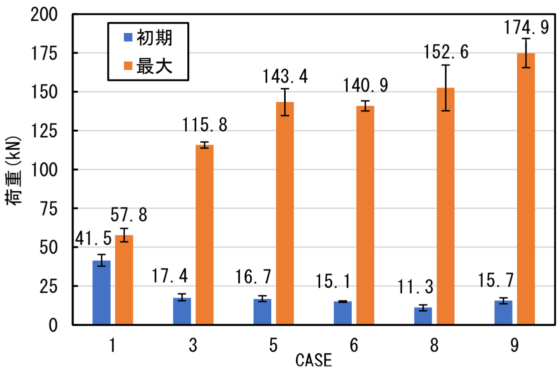

図-4　初期破壊荷重と最大荷重

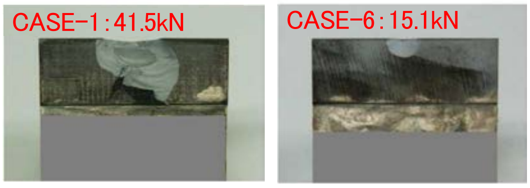

写真-1　初期破壊状態

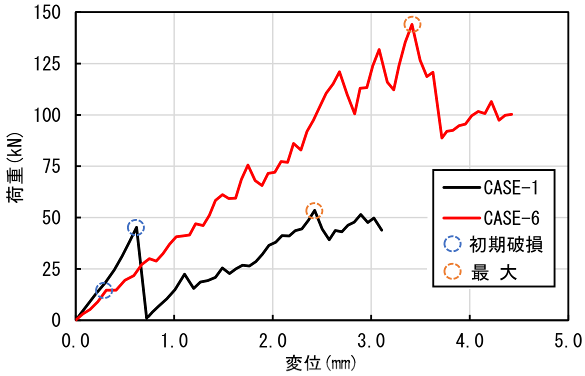

図-5　荷重－変位関係

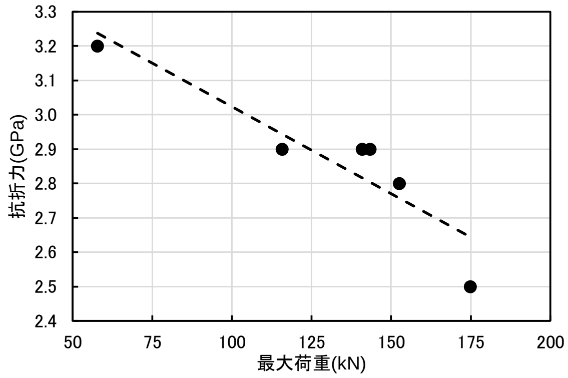

図-6　抗折力－最大荷重関係

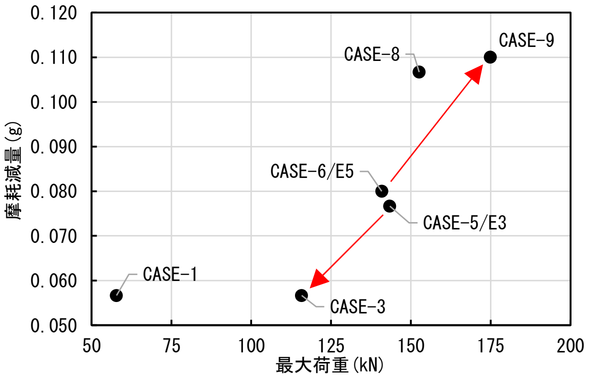

図-7　摩耗減量－最大荷重関係

© Japan Society of Civil Engineers