

模擬地盤供試体を用いた切削実験によるカッタビットのひずみ評価に関する研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○森田 和也 フェロー会員 重松 尚久 学生会員 中井 陸人
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シールドマシンには、カッタビット（以後、ビットと呼ぶ）が前面部に配置されており、それが地盤を掘削している。現在、シールド工法は長距離掘進や玉石・礫混じり地盤で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、ビットが施工中に地盤内の礫との接触によって、超硬チップ（以後、チップと呼ぶ）が破損し、切削能力の低下を引き起こす。このような状況に対応するために、ビットの長寿命化を目指して、多層チップビット¹⁾やチップの新材種選定²⁾の開発を行ってきており、ビットの評価のために各種実験を行ってきた。その中、チップの摩耗と割れ・欠けに着目してきたが、現状、チップの割れ・欠けを再現する実験ができていない。そこで本研究では、超硬メーカーが規定しているチップの中から硬さが異なる5つを抽出し、トンネル掘削時の地盤の状況を再現した模擬供試体を用いたビットの切削実験を行い、チップに発生するひずみによる評価を行った。

2. 実験ケースおよび実験方法

チップの諸性質を表1、ビット形状を図1に示す。実験ケースは表1に示す5種類のチップとし、各ビットは4体とした。チップには、図1のように3軸ひずみゲージ（直角型ロゼットゲージ）を貼付し、ひずみを測定した。また、3軸ひずみゲージの1軸を縦（ε₁）、2軸を横（ε₂）、3軸を斜め（ε₃）とした。実験方法の詳細に関しては別報【模擬地盤供試体を用いた切削実験によるカッタビットの荷重評価に関する研究】に示す。

3. 解析方法

チップに貼付した直角型ロゼットゲージから得たひずみの値を用いて、チップに生じている力を把握するためにロゼット解析を行い算出した。なお、Eはヤング率、νはポアソン比、ε₁、ε₂、ε₃はひずみの値である。

最小主応力= $E / (2 \times (1 - \nu^2)) \times ((1 + \nu) \times (\epsilon_1 + \epsilon_2) - (1 - \nu) \times (2 \times ((\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2))^{1/2}) \dots \textcircled{1}$

主ひずみの方向= $1/2 \times \tan^{-1}((2 \times \epsilon_3 - \epsilon_1 - \epsilon_2) / (\epsilon_2 - \epsilon_1)) \dots \textcircled{2}$

4. 実験結果と考察

(1) ひずみ

一例として、CASE1-3とCASE5-1での時間とひずみの関係を図2、図3に示す。なお、圧縮方向を正とした。どちらも花崗岩上で値が変化しているが、その変化量はCASE1-3では20×10⁻⁶、CASE5-1では80×10⁻⁶と

表1 チップの諸性質

CASE	硬さ HRA	ヤング率 GPa	ポアソン 比	圧縮強度 (N/mm ²)	備考
CASE-1	91.5	610	0.21	5500	
CASE-2	90.0	620	0.21	4800	
CASE-3	88.0	580	0.22	4300	E3
CASE-4	86	550	0.22	4100	E5
CASE-5	83.0	480	0.24	3400	

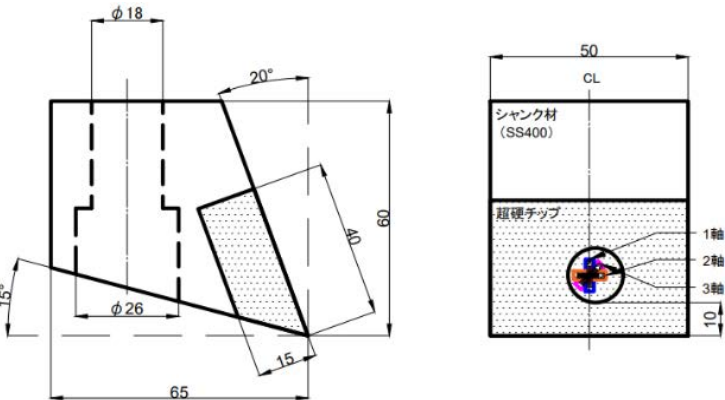


図1 ビット形状およびひずみゲージ貼付位置

キーワード 超硬チップ、カッタビット、ひずみゲージ、割れ欠け、材種、ロゼット解析
連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2丁目2-11 環境都市工学科分野 重松研究室 TEL0823-73-8480

大きな差がある。チップの硬さが CASE5-1 は CASE1-3 に比べて軟らかいため、このような違いが生じたと考えられる。このことから、ビットに対し同等の力を働かせていても、チップの硬さによってひずみは大きく異なることが分かる。

(2) 主応力

ひずみの値から最小主応力を算出した。それぞれのケースで、回転回数 1 周目に生じた最小主応力の平均値を抽出し、チップの硬さとの関係を表したものを図 4 に示す。これを見ると、最小主応力とチップの硬さは負の相関関係があると考えられ、チップが硬くなるほど主応力が小さくなる傾向を示す。

(3) 主ひずみの方向

ひずみの値から主ひずみの方向を算出した。一例として、CASE5-1 での主ひずみの方向と垂直力の関係を図 5 に示す。垂直力は花崗岩上とモルタル上での値の差が顕著となったため、ビットの位置を、垂直力が大きくなる時は花崗岩上、小さいときはモルタル上であると考えることができる。CASE5-1 では垂直力が 4kN 以上の時を花崗岩上、4kN 未満の時をモルタル上とした。これを見ると垂直力が大きいときに比べ、小さいときにはひずみゲージに対する主ひずみの角度にばらつきが生じている。同一のものを切削している際に主ひずみの方向が大きく変化するとは考えられない。本切削実験装置ではジャッキ能力に対して小さな荷重で実施したため、油圧による荷重制御が十分にできなかったと考えられる。そのため、モルタル部分の切削が満足に行われず、ひずみが正しく測定されていないと考えられる。また、花崗岩上では主ひずみの方向は 0 に近い値が出ており、チップのほぼ鉛直方向に最小主ひずみが生じた。

5. 結論

- (1) 花崗岩上でひずみは変化するが、チップにかけた力が同等でも、硬さによって生じるひずみは大きく異なり、チップが軟らかいほどひずみが大きくなる。
- (2) チップが硬いほど生じる主応力は小さくなる傾向にあり、チップにかかる負担は小さくなる。
- (3) 今回の切削実験では、地盤の礫等に当たったときのチップの状況が再現できた。また、今回の実験において、チップの割れ・欠けは再現できなかった。

参考文献

- 1) 佐々木誠, 嘉屋文康, 森田泰司: 耐衝撃性を考慮した多層チップビットの開発—実験・解析編—, 土木学会第 69 回年次学術講習会, VI-620, 2014.
- 2) 佐々木誠, 嘉屋文康, 森田泰司: シールドマシン用ビットの最適超硬チップ選定の検討, 土木学会第 76 回年次学術講習会, VI-379, 2021.

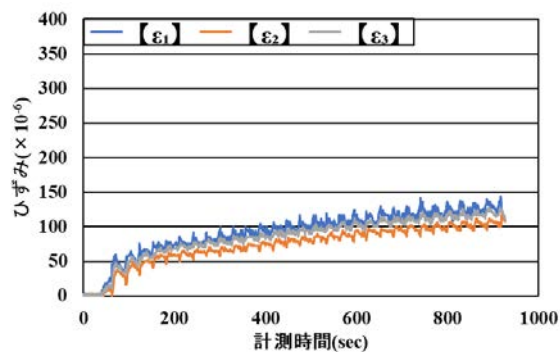


図 2 時間とひずみの関係 (1-3)

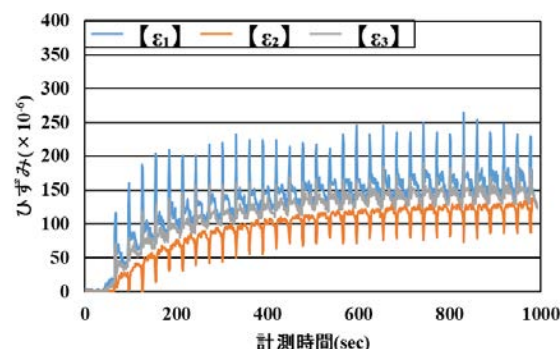


図 3 時間とひずみの関係 (5-1)

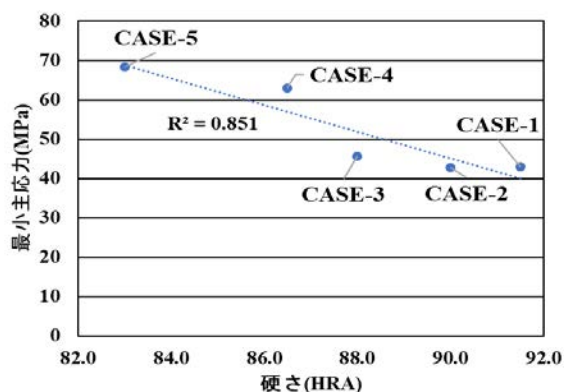


図 4 硬さと最小主応力の関係

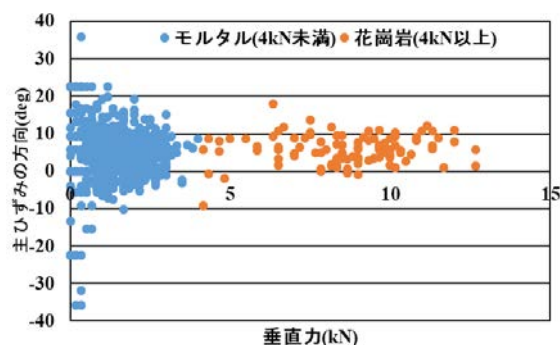


図 5 垂直力と主ひずみの方向 (5-1)