

硬質砂礫地盤におけるシールドカッタービットの摩耗予測に関する基礎的研究

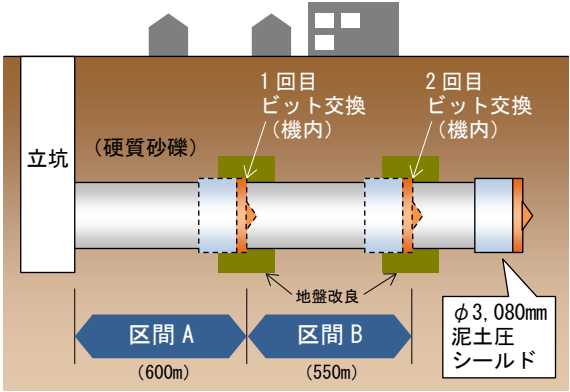
(株)大林組 正会員 ○山元 寛哲 野口 宏治 正会員 大前 慶恵  
九州大学 辻本 康平 島田 英樹 笹岡 孝司

1. はじめに

近年、都市部のインフラ整備においては、多様な地盤条件に適応でき、かつ道路交通や周辺環境への影響が少ないシールド工法を採用する例が多い。しかし、施工性や経済性に影響を与えるカッタービットの摩耗については、これまで種々の研究が行われているものの、事前の摩耗予測に関する定量的評価指標は未だ確立されていない。その結果、硬質砂礫地盤での実施工において、想定以上のビット摩耗によるトラブルが散見される。そこで、実施工現場にて掘削土試料を採取し、その力学的特性やビット摩耗特性を室内試験にて評価するとともに、実施工でのビット摩耗データとの関係を比較し、ビットの摩耗予測について検討を行った。

2. 対象工事の概要

本研究の対象工事は、泥土圧シールド工法により約 3km の水路管渠を新設するもので、対象地盤は硬質な礫を含有する砂礫が主体であり、途中に計 4 回のビット交換が計画されていた。このうち、1 回目および 2 回目のビット交換時にビットの摩耗量測定、脱落・欠損等の状況確認を行った。また、ビット交換までの各区間（A、B）中、それぞれ 4 地点で掘削土および礫の試料を採取し、室内試験に供した（図-1）。



3. 室内試験によるビット摩耗特性の検討

(1) 地盤（礫）の物理的特性

採取した礫について一軸圧縮試験、圧裂引張試験を行って強度を測定するとともに、内部標準法を利用した XRD 分析を行って石英含有率を測定した（比較参考として花崗岩、砂岩も実施）。また、掘削土の粒度試験を行い、対象地盤中の礫率を測定した（表-1）。その結果、礫は、いずれの地点においても一軸圧縮強度 200MPa 程度と硬岩相当の強度を有しており、また礫率は 55% 前後と大きくほぼ一定であることがわかった。

図-1 対象工事の概要

表-1 礫の物理的特性

| 項 目            | 区間 A（～1 回目ビット交換） |        |        |        | 区間 B（～2 回目ビット交換） |        |        |        | (参考)<br>花崗岩 | (参考)<br>砂岩 |
|----------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|-------------|------------|
|                | 地点 1             | 地点 2   | 地点 3   | 地点 4   | 地点 5             | 地点 6   | 地点 7   | 地点 8   |             |            |
| 平均一軸圧縮強度 (MPa) | 178.73           | 242.29 | 223.58 | 238.59 | 192.91           | 248.08 | 293.84 | 218.08 | 137.99      | 58.14      |
| 平均引張強度 (MPa)   | 15.08            | 11.02  | 16.43  | 15.59  | 14.85            | 14.07  | 21.58  | 19.72  | 17.88       | 9.75       |
| 石英含有率 (%)      | 29.53            | 33.21  | 21.94  | 19.80  | 33.27            | 49.88  | 38.07  | 32.53  | 46.03       | 35.00      |
| 礫率 (%)         | 56.59            | 49.62  | 60.09  | 49.58  | 55.25            | 65.82  | 54.74  | 54.06  | —           | —          |

(2) カッタービットの摩耗特性

a. Cerchar 摩耗試験および Schimazek 摩耗試験

カッタービットの摩耗特性を表す指標としては、地盤が有する「摩耗能」（接触する相手を摩耗させる程度）があげられる。岩石の摩耗能およびビットの摩耗性について定量的評価が可能とされている従来の試験方法としては、Cerchar 摩耗試験<sup>1)</sup>と Schimazek 摩耗試験<sup>2)</sup>がある。Cerchar 摩耗試験は、一定の荷重を作用させて供試岩石をひっかき、その際の試験用ビットの摩耗量（幅）を指標として摩耗性指数を導く、簡便な評価方法である。これに対し、Schimazek 摩耗試験は、岩石の強度や鉱物組成（石英含有）に基づく硬度を考慮できる評価方法であり、次式に示す摩耗係数  $F$  を指標とする。

$$\text{Schimazek 摩耗係数 } F = Q \cdot D \cdot S_t$$

$$Q : \text{岩石中の石英体積含有率 } (0 \leq Q \leq 1)$$
$$D : \text{岩石中の石英粒子の平均粒径 (mm)}$$
$$S_t : \text{岩石の引張強度 (MPa)}$$

キーワード シールド、カッタービット、摩耗予測、硬質砂礫地盤  
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL : 03-5769-1318

採取した礫について、これら2つの摩耗試験を行った。その結果、Cerchar 摩耗性指数はすべての地点でほぼ同程度の値を示し、顕著な差は認められなかった。一方、Schimazek 摩耗係数は8つの地点別で明らかな差が認められ、その係数は花崗岩、礫試料、砂岩の順に大きい値を示した(図-2)。

#### b. 旋盤摩耗試験

上記結果を踏まえ、礫試料を用いた旋盤摩耗試験を実施し、Cerchar 摩耗性指数および Schimazek 摩耗係数とビット摩耗量(質量)との関係について比較検討を行った。その結果、Cerchar 摩耗性指数とビット摩耗量との間に明確な相関は認められなかったが、Schimazek 摩耗係数とビット摩耗量との間には強い相関が認められた(図-3)。以上の結果より、Cerchar 摩耗試験では、本研究の対象の礫のように同じ岩種で強度に大きな差異が認められない場合、摩耗特性の評価が難しいことがわかった。一方、Schimazek 摩耗試験は、同じ岩種の礫であっても強度と硬度の両方を考慮することで摩耗特性の差異を評価できると考えられる。

#### 4. 実施工でのビット摩耗量との比較検討

上記旋盤摩耗試験の結果について、ビット摺動距離とビット摩耗量との関係を区間ごとに整理した(図-4)。ここで、図中の近似直線の傾きは、いわゆる摺動距離当りのビット摩耗係数である。また、実施工におけるビット摺動距離とビット摩耗量(摩耗高さ)の関係についても同様に整理した(図-5)。これを比較すると、ビット摩耗係数はともに区間Aより区間Bの方が大きく、その増加率はほぼ一致している。つまり、礫を対象とした試験結果と、実施工でのビット摩耗量には強い相関があり、カッタービットの摩耗は地盤中の礫が有する摩耗能に依存すると考えられる。

#### 5. まとめ

硬質な砂礫地盤では、カッタービットの摩耗は礫が有する摩耗能に依存し、その摩耗特性は礫の強度と硬度の両方を考慮する Schimazek 摩耗係数と相関性が高いことがわかった。これにより、礫の Schimazek 摩耗係数からカッタービットの摩耗量を予測できると考えられる。しかし、ビット摩耗量をより的確に予測するためには、礫の強度や礫率の相違による摩耗特性への影響等、今後さらなるデータを蓄積し検討していく必要がある。

**参考文献** 1) 島田：岩盤の機械掘削における掘削ビットの圧入挙動と掘削能率の予測に関する研究，国立国会図書館，1993，pp85-99  
2) Schimazek : Gluckauf, vol.106, March, 1970, pp275-278

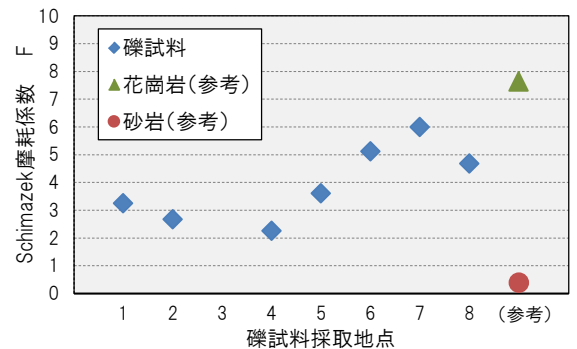


図-2 Schimazek 摩耗試験結果

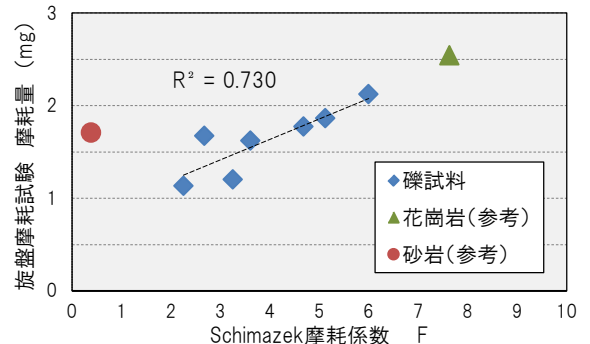


図-3 旋盤摩耗試験によるビット摩耗量と Schimazek 摩耗係数との関係

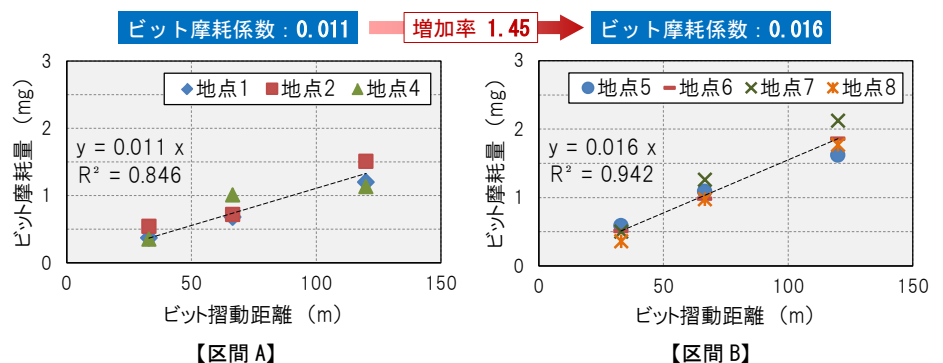


図-4 旋盤摩耗試験によるビット摩耗量とビット摺動距離との関係

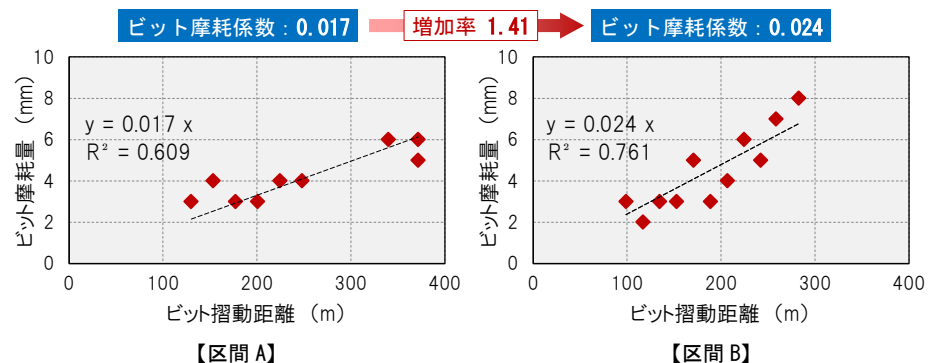


図-5 現場で実測したビット摩耗量とビット摺動距離との関係