

フジタ 正会員 吉野 広司 秩父 顕美
室蘭工業大学 佐藤 一彦 柴 涛

1. はじめに

岩盤対応型の密閉式シールド掘進機によるシールド工事では、施工管理上、ディスクカッタを交換する時期の判断が重要である。シールド掘進に伴うディスクカッタの摩耗や破損は対象地盤や運転条件によって著しく影響を受ける。このためカッタ交換時期の判断は非常に難しく、現在の段階では満足しうる実用的な判定規準は見当たらない。このような現状に照らして、シールド掘進機の運転管理データを用いた実用的なカッタ交換の判定規準について提案し、シールド工事2件の事例に適用した結果とその有効性について報告する。

2. ディスクカッタの交換規準

シールド掘進機の掘削性能を評価する基本データのうち、カッタトルク T 、ジャッキスピード v 、およびカッタヘッド回転数 ω の機械量データを用いて、次の掘削係数 K_T を定義する。

$$K_T = \frac{T\omega}{v} \quad \dots\dots\dots (1)$$

掘削係数 K_T は、単位掘進長（カッタヘッド1回転あたりの切り込み深さ）だけ掘削するのにシールド機が地盤に対してした仕事のうち、カッタヘッドの回転にもとづく寄与を表わしている。ここではこれを回転掘削仕事とよぶことにする。この回転掘削仕事 K_T は、対象地盤の力学的性質とカッタヘッド上に配列されたディスクカッタの幾何学的条件の双方に依存する係数となる。

ディスクカッタの摩耗量は、シールド機が地盤に対してしたカッタヘッドの回転掘削仕事と関連し、次式で表わされるものと仮定する。

$$\frac{dw}{dx} = cK_T^n \quad \dots\dots\dots (2)$$

x は掘進方向に沿った距離変数である。指数 n および係数 c は工事実績により求められる。(2)式が成り立てば、カッタ交換の判定規準は次の不等式で表わされる。

$$\int_0^L K_T^n dx \leq \frac{w_{\max}}{c} \quad \dots\dots\dots (3)$$

L は掘進距離であり、 $w_{\max}$ は摩耗量の許容値である。(3)式では K_T^n の積算値がカッタ交換から起算して $w_{\max}/c$ に達した時点で交換すべきであることが示される。

3. 適用事例

ディスクカッタの交換規準を岩盤対応型シールド掘進機で施工した2件の工事例に適用した結果を示す。

事例1¹⁾：下水道幹線工事における泥土圧式シールド工法、外径2,140mm、総延長1816m（1779リング）の適用例を示す。地質構成は泥岩、礫岩層および砂礫層からなり、カッタ交換は発進から順に781、1304、1445リングで行っている。本工事の機械量データから(1)式により掘削係数 K_T を算出し、単位掘進長あたりのカッタ摩耗量と K_T の関係を図-1に示す。これより(2)式は $dw/dx = 4.1 \times 10^{-5} K_T^2$ で近似される。 dw/dx は K_T のべき乗に比例すると仮定したが、この工事例での指数は $n=2$ と推定された。この結果より(3)式の判定規準は、メーカーから提示する摩耗許容量 $w_{\max}=18\text{mm}$ から、 ΣK_T^2 が $4.4 \times 10^5 \text{ MN}^2$ に達したときに交換すべきことになる。

シールドトンネル、情報化施工、ディスクカッタ、摩耗

〒224 横浜市都筑区大榎町74 tel:045-591-3911 fax:045-592-8657

図-2 はカッタ交換区間毎に ΣK_T^2 の変化を示したものである。この工事では3回カッタ交換をしたが、(3)式の交換規準に従えば図中の破線で示したように交換は2回で済んだ可能性がある。密閉式シールド機の場合はカッタ摩耗量の測定が困難なため、多くの工事ではこの例のようにまだ摩耗限界に達していなくともカッタ交換をせざるを得ないことがある。この例では結果的には1回目の交換が早すぎたといえる。

事例2：事例1と類似した下水道幹線工事における泥土圧式シールド工法の外径2,130mm、総延長984m(1037リング)の適用例である。地質は砂礫、風化岩および基盤岩からなり、カッタ交換は364、439、572および978リングで行っている。カッタの材質は発進から572リング交換までは通常のSNCM材を、到達までは硬質素材のSP-8を使用している。SP-8の耐摩耗はSNCM材の約1.5倍とメーカーが提示している。

この工事での(2)式は図-1に示すように、SNCM材を使用した交換データを用い $dw/dx = 8.4 \times 10^{-5} K_T^2$ で近似され、この工事例においても指数は $n=2$ と推定された。(3)式の判定規準はSNCM材を使用した区間で $w_{\max} = 18\text{mm}$ を代入して、 ΣK_T^2 が $2.1 \times 10^5 \text{ MN}^2$ に達したときに交換すべきことになる。また、SP-8を使用した区間は摩耗許容量をSNCM材の1.5倍に相当する値とし、(3)式に $w_{\max} = 27\text{mm}$ を代入すると ΣK_T^2 が $3.2 \times 10^5 \text{ MN}^2$ に達したときに交換すべきことになる。図-3にカッタ交換区間毎に ΣK_T^2 の変化を示す。この図より、本工事ではSNCM材でのカッタ交換3回を2回に、またSP-8での交換1回を交換せず掘進できた可能性がある。

4. まとめ

本報告では、岩盤対応型のシールド掘進機を用いた工事におけるディスクカッタ交換の判定条件について検討した。その結果、カッタ交換の判定規準としてシールド掘進データから算出される K_T^2 の積算値がある限界値に達すればカッタは許容摩耗限界に達したと判定する規準を提案した。そしてこの判定規準を2工事の事例に適用し、その有効性を見出した。今後はさらに適用事例を積み重ね実用的な判定規準の確立を目指すとともに、将来はカッタ摩耗を予測するシステムの構築を行う予定である。

参考文献：1) 秩父・佐藤・吉野：掘削音と機械量を利用したディスクカッタの診断，土木学会第51回年次学術講演会，pp370～371，1996。

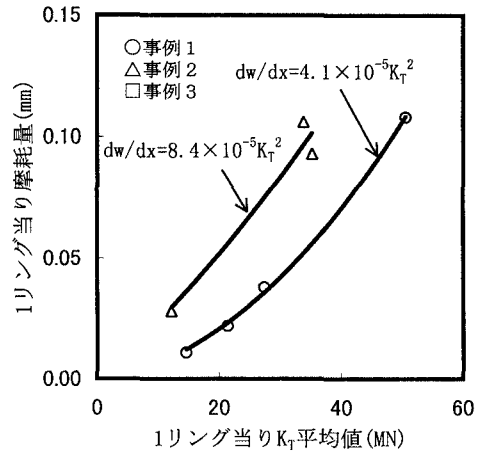


図-1. dw/dx と K_T の関係

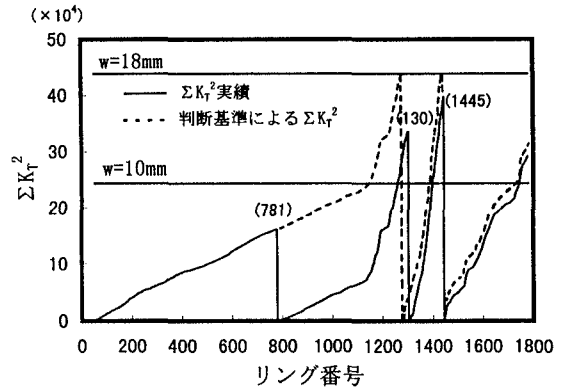


図-2. 事例1におけるカッタ交換区間での ΣK_T^2 の変化

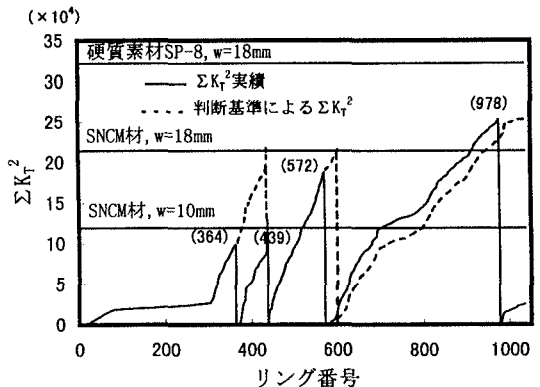


図-3. 事例2におけるカッタ交換区間での ΣK_T^2 の変化