

III-19 実際のシールド機におけるカッタービット間の切羽面安定について

西松建設(株) 正員 森 仁司 栗原和夫
 早稲田大学 正員 森 麟
 早稲田大学 学生員 近藤啓二 鈴木 真

1. はじめに 今回、別に発表した関連研究¹⁾において、カッタービット（以後ビットと呼ぶ）間隔の大きさの違いによる切羽面の安定に必要な押え圧（有効泥水圧）について調査した。実際のシールド機におけるビット間隔は文献1)の実験装置上のビット間隔より大きな所があり、ビットによって押さえられない面積としてかなり広いものが存在する。また、実際の切羽地盤では、有効泥水圧が一般に小さいので、文献1)の(7)式から算定される有効泥水圧を確保することが難しい場合が生じる。²⁾しかし、ビット間の切羽面にもビット圧力の伝播による押え効果が生じるので必要な有効泥水圧は(7)式より小さくなるはずである。そこで、本報告では、実際のシールド機の形状とビットの配置とビット推力の伝播効果を考慮に入れて、ビット間の切羽面の安定について検討を行った。

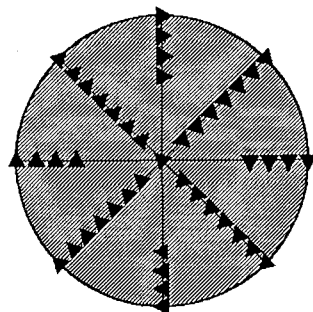


図-1 ビット配置のモデル化図

2. ビットによる切羽面押え効果のモデル化 カッターによる切羽面の押え効果を検討するために、実際の泥水式シールド機において一般的と考えられるビット配置を、図-1のようにモデル化する。図中の三角形がビットに相当し、このビットから地盤にビット圧が拡散伝達されると考える。また、図中のハチング部分が、ビット間の切羽面を意味する。つぎに、図-2に示すように、一つのビット圧力の地盤への伝播形状は、Boussinesqの単一集中荷重が作用した時に形成される圧力球根と考える。

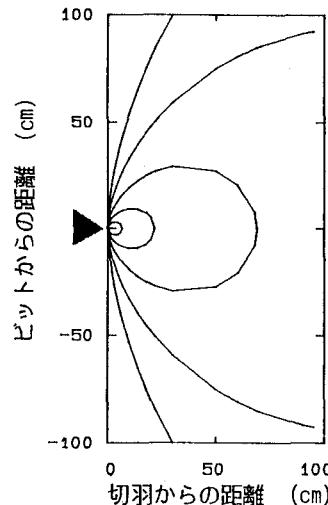


図-2 ビット圧の伝播状況のモデル化図

3. ビットによる切羽面押え圧の伝播分布状況

3.1 ビットに作用する推力の推定 シールド工事において、全ビットに作用する合計推力を直接測定した例は非常に少ないので、過去の砂質地盤におけるシールド掘進の総推力 F_t から全ビットに作用する合計推力 F_c を推定したのが表-1である。ここで、 F_c は、(1)式を用いて求めた。表より、シールド直径6~7mで、 F_c は、300~1700tfの範囲にあると推定される。また、ビット一本当りの推

表-1 全ビットに作用する合計推力の推定表

工事名	シールド直径(m)	シールド全長(m)	泥水圧(kgf/cm ²)	総推力(tf)	全ビットに作用する合計推力(tf)
江戸川流域下水道	5.85	5.70	1.5	1600	441
営団8号線噴海	6.84	6.67	2.3~3.2	2710~3080	1305~1738
京都市地下鉄鴨川	7.18	6.28	1.3~1.8	822~1767	277~892
都営新宿線篠崎東	7.45	8.00	1.00~1.15	1200~2000	1303~1634

力は(2)式により求められる。

$$F_c = F_t - (F_r + F_s) \quad (1)$$

$$F_n = F_c / n \quad (2)$$

ここで、

F_c : 全ビットに作用する合計推力 F_t : 総推力 F_r : スキンプレートと地山の摩擦

F_s : 泥水圧による反力 F_n : ビット一本当りの推力 n : ビットの総数

3.2 ビットによる切羽面押え効果の判定方法

図-3は、図-1の様なビット配置の直径6mのカッターフェイスのうち最もビット間隔の大きい部分を示したものである。図から、最大のビット間の距離は、最も安全側で考えるとシールド半径の3mになる。また、全ビットに作用する合計推力は、上述の調査結果から小さく見積って500tfと仮定し、ビットの総数は、シールド全面で45個なので、(2)式からビット1本当たり11.1tfが作用する。つぎに、地盤を豊浦標準砂程度の砂地盤とすると、文献1)のビット間隔 D cmと切羽押え圧

ΔP kgf/cm²の関係を示す(7)式 ($\Delta P = 9.42 \times 10^{-5} D$ kgf/cm²) から、ビット間3mにおける必要押え圧は、0.028kgf/cm²を得る。したがって、ビットからの伝播圧力が0.028kgf/cm²を越える切羽地盤領域は安定と考えられる。つぎに、**図-4**は、**図-3**のa-a'断面においてビット1本当たり11.11tfの推力が集中荷重として作用した時の地盤の応力状態をBoussinesqの解を用いて圧力球根を算出し、0.028kgf/cm²を越える応力の作用している領域をハンチングしたものである。図から、切羽表面付近まで0.028kgf/cm²の応力が作用しており、ハンチングされていない領域は切羽から最も深い所で50cm以下である。また、この領域でも0.028kgf/cm²より小さい応力ではあるが作用しているので、この領域を安定させるのに必要な押え圧（有効泥水圧）は(7)式から算定される切羽押え圧に比べてかなり小さくなると考えられる。このa-a'断面は、シールド外周部分でありビット間の距離が最も大きい場合であったが、シールドの中心に近いb-b'断面やc-c'断面では、a-a'断面よりも0.028kgf/cm²の応力の作用していない領域はより小さいので、ビット間の切羽は殆どビットに作用する推力により安定でき、わずかに切羽表面付近で不足するのみである。このようなごく薄い厚さの表面部分の安定には数gf/cm²程度の小さい有効泥水圧でよいと言える。したがって、使用泥水が、一般的に用いられている管理基準内にあればまずこの目的は達成されるものと考えられる。

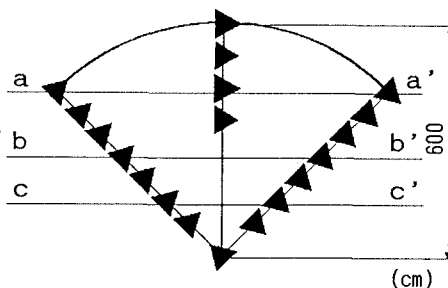


図-3 ビットとビット間の切羽面

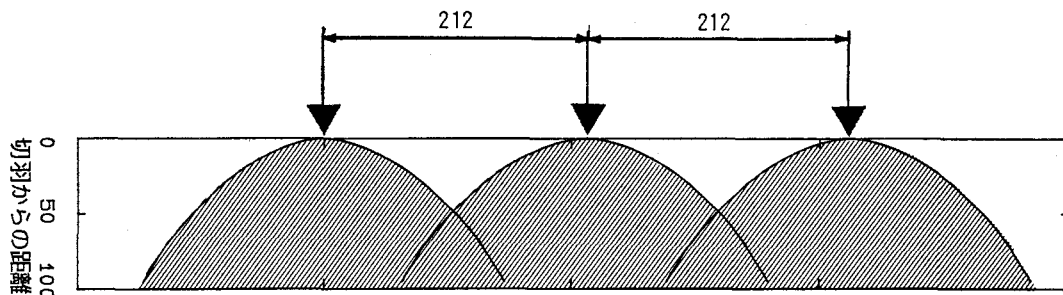


図-4 ビット圧の切羽地盤への伝播状況（a-a'断面） (cm)

4. 切羽安定と泥水の役割 筆者らは、切羽がカッターによって連続的に切削されるために泥水が地盤に浸透し、切羽地盤に過剰間隙水圧が発生して、しかも現場のような長い排水条件では、有効泥水圧が非常に小さなものとなり、切羽全体の安定にはビット合計推力（ビット圧）が大きな役割を持つことを既に報告した。

²⁾この様な状況下で、ビット推力が直接作用しないビット間の切羽表面の安定が保たれている理由は、推力のビット間の切羽面への拡散伝達の押え効果が大きく、泥水の役割としては、わずかな有効泥水圧を確保し、切羽表面の粒子が最も崩壊しやすい切削直後に泥水のせん断抵抗でこれを拘束できればよいと考えられる。

参考文献

- 1) 森他：泥水シールドにおけるカッタービット間の切羽安定に関する実験的研究、第46回年次学術講演会 概要集第3部
- 2) 森他：現場排水条件を考慮した場合の泥水式シールドによる発生間隙水圧について、第45回年次学術講演会概要集第3部、pp.96~97、1990