

III-440

泥水加圧シールドのブロー現象に関する実験的研究（その2）

—泥膜切除・再形成時の動的ブロー現象—

西松建設（株） 正会員 ○栗原和夫

早稲田大学 正会員 森 麟，田村昌仁

1. はじめに 文献1）では泥膜形成時の静的ブロー現象について述べたが、ここでは泥膜の切除再形成の動的な状況を泥水シールド推進模型装置で再現して、その動的ブロー現象を調査・研究した。

2. 実験方法及び試料 使用した砂試料、泥水の種類は、本研究（その1）に示している。粘性土の種類は表. 1に示す。実験装置の概要は、文献1）を参照されたい。土槽内には示した所定の位置（文献1参照）に土圧計と間隙水圧計を設置し、シールド掘進中の圧力変化を調べる。カッターはワイパー式であり、回転速度 v_k は、砂質土の場合15秒/半回転、粘性土の場合7.5秒、15秒/半回転の二通りとした。シールドを土槽の右端より約38cm推進させた後シールドをさらに推進させながらチャンパー泥水圧を徐々に増加させ、泥水タンクの水位変化及び土層前面の透明なアクリル板を通した観察によりブロー圧を決定する。泥水圧の加圧速度は約 $1.0 \text{ kgf/cm}^2 / 1 \text{ 分}$ であるが、カッターの回転中はブロー圧に及ぼす泥水圧の加圧速度の影響はほとんどなかった。砂質土では泥水を用いて掘進させたが、粘性土では水を用いても屈削土が入り泥水による加圧と同様の状態になるので全て水を用いて切羽を加圧した。

3. 砂質土のブロー圧 図. 1には、試料Bにおけるブロー圧 P_b' と上載圧 σ_1' の関係を示す。上載圧 $\sigma_1' = 0.20 \text{ kgf/cm}^2$ でブローしなかったのはシールド機とカッターを共に停止させた場合であるが、このブロー圧はカッターで泥膜を絶えず切削中である他のケースより著しく大きくなっている。そしてカッター停止中のブロー圧は本研究（その1）で述べた静的ブロー圧に相当する。図. 2には、上載圧 $\sigma_1' = 0.20 \text{ kgf/cm}^2$ でブロー圧 $P_b' = 1.70 \text{ kgf/cm}^2$ 以上となった場合（CASE A, カッター停止）と $P_b' = 0.52 \text{ kgf/cm}^2$ の場合（CASE B, カッター回転中）において泥水圧を増加させている過程での間隙水圧の変化状況を示す。泥水圧の増加に対する間隙水圧の上昇の割合は、CASE Aでは常に1%未満と著しく小さいが、CASE Bでは10%以上も大きくなっており、間隙水圧の上昇がブロー圧に影響するものと思われる。図. 3は、試料A, B, Eにおいて、シールド直上にブローした場合の P_b' と側方土圧 σ_3' （＝土中に挿入した土圧計により測定される土圧－間隙水圧とする）の関係を示している。カッター停止中のブロー圧はいずれの場合もかなり大きく、実験装置の強度上の制約で測定できなかったが、静的ブロー圧になると考えられる。

砂層の泥水ブロー圧は、静的状態よりカッター作動中の動的状態の方がかなり小さくなることが明らかになったので、一般に砂層のブロー圧は動的状態の値を考えるべきである。砂質土のブロー圧は、静的或いは動的を問わず本研究（その1）の（1）または（3）式に従うものと考えられるが、動的状態では地盤中の間隙水圧の上昇が生じて、（1）式では σ_3' が減少し（3）式では m が1に近づくので、静的のブロー圧値より低下することになる。実際の現場において砂層地盤でシールド掘進時に泥水ブローが発生した場合は、地盤中の間隙水圧の増加は切羽周辺地盤に限定されるので、前方・上方には割裂が進展せず、地上へのブローは土被りが特別に薄い場合や地上に通ずる孔などの存在がない限りありえないと考えられる。

4. 粘性土のブロー圧 粘性土地盤における切羽の受動側の安定については、地盤の受動破壊の限界条件を考慮して、許容最大泥水圧 P_p は次式で与えられる場合が多い。

$$P_p = \sigma_1 + (6 \sim 8) cu \quad \sigma_1: \text{上載圧} \quad cu: \text{粘着力} (=qu/2) \quad (5)$$

この P_p の値は、切羽前方の地山が泥水圧により押し上げられて地盤が持ち上がるような場合を想定した時の圧力である。しかし、本研究（その1）で述べたように粘性土の割裂圧 P_r は（4）式（ $P_r = \sigma_3 + qu$ ）で与えられ、 $qu = 2cu$ であるため（5）式で与えた P_p より小さい圧力でブローが発生することになる。

図. 4, 5には、試料L, Mのブロー圧 P_b と上載圧 σ_1 の関係を示す。泥水の加圧過程では、カッターを回転・停止する場合の影響を調べたが、それらの影響はほとんどない。砂質土の場合は、カッターの停止により泥膜が完全に形成されるとブロー圧は著しく大きくなるが、粘性土では泥膜の形成はカッターの回転

の有無に関係しない。図中には、(5)式の P_p を示しているが、実験値は P_p より小さくなっている。

図. 6には粘性土中に挿入した土圧計により測定される側方土圧 σ_3 とブロー圧の関係を示す。試料L, Mのいずれの場合でも、ブロー圧 P_b と側方土圧 σ_3 の関係において(4)式で示した $P_b = \sigma_3 + q_u$ が成立していることがわかる。以上の結果より粘性土地盤におけるブロー圧は、(4)式となり、切羽前方を持ち上げて受動破壊させるのに必要な圧力 P_p より小さいことが明らかとなった。これは、泥水のブローが切羽前方の局所的なせん断破壊に起因するクサビ作用で進展していくためであろう。

4. まとめ

泥膜形成時における砂質土の静的ブロー圧は、透水性が大きいものほど大きくなり一般に(3)式で表わすことができるが、透水係数が $10^{-3}(\text{cm/s})$ よりかなり大きくなるとブローは(1)式の極限空洞内圧 P_u' で与えられる。泥膜がカッターで切削される動的ブロー圧は、土中の間隙水圧が増加するため静的ブロー圧より小さくなるが、カッターを停止させると泥膜が形成されるのでブロー圧は著しく大きくなる。粘性土においては、カッターが土を切削している動的な場合であってもそのブロー圧は静的な実験で与えられるブロー圧と一致し、(4)式で与えられる。シールドの土被り全部が軟弱粘性土の場合には、(4)式から分かるようにブローは rH 以下の泥水圧で生じる場合があるので施工には十分な注意が必要と思われる。

参考文献 1) 森他, 粘性土地盤における泥水シールドの最適泥水圧
43回土木学会年次講演会, 1988

表. 1 粘性土の種類

試料	摘 要	q_u kgf/cm ²
L	カオリン粘土と豊浦砂を重量比(2:1)、含水比 $\omega=21\%$ で練り返した混合土	0.03
M	カオリン粘土とベントナイトを重量比(1:1)、含水比 $\omega=50\%$ で練り返した混合土	0.26

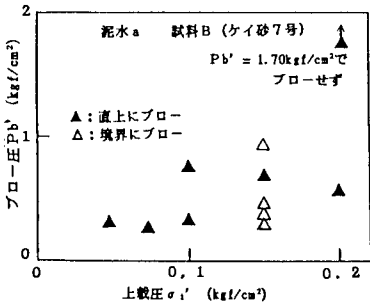


図. 1 試料Bのブロー圧

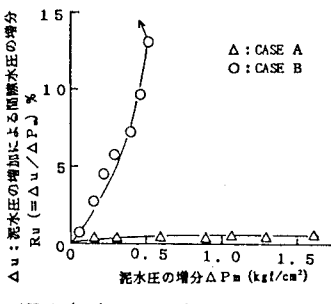


図. 2 泥水圧の増加に対する間隙水圧の変化
CASE A ($\sigma_1' = 0.20 \text{ kgf/cm}^2$, $P_b' > 1.70 \text{ kgf/cm}^2$)
CASE B ($\sigma_1' = 0.20 \text{ kgf/cm}^2$, $P_b' = 0.61 \text{ kgf/cm}^2$)

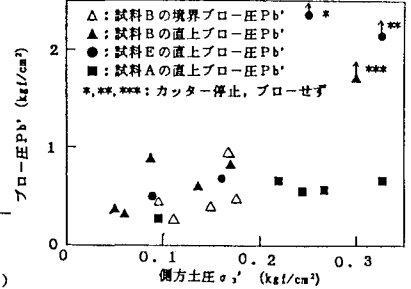


図. 3 砂質土のブロー圧

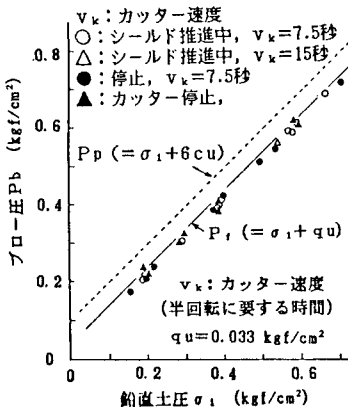


図. 4 試料Lのブロー圧

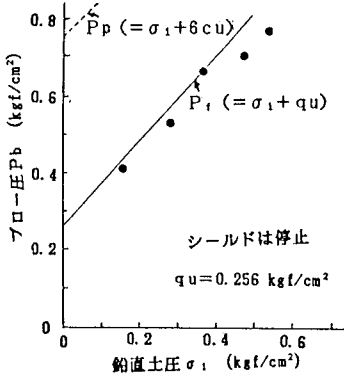


図. 5 試料Mのブロー圧

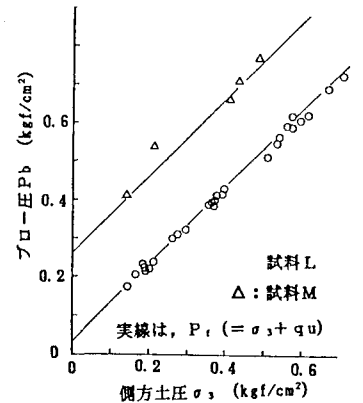


図. 6 粘性土のブロー圧