

早稲田大学理工学部土木工学科 森 麟
同大学院(現電気公社) ○林 秀 三

1. まえがき

土がブラインドシールドの開口部から入ってくる時の流入抵抗の値は、ブラインドシールドの土の取込率を調節する上で極めて重要である。この流入抵抗は、土の諸性質、ブラインドシールドの大きさ、形状、開口率によって決定されるが、開口率を除くこれらの要因は固定条件であるので、實際上、流入抵抗は開口率によって制御される。本研究では、二重管による流入装置を用いた実験結果と金属棒の押し理論から、現場の飽和粘土層に適合する流入抵抗の算定式を導いた。そして、更に、この流入抵抗はブラインドシールドの前面に作用する静止土圧に等しくするのが理想であることに基づき、ブラインドシールドの最適開口率を様々な地盤条件について求めた。

2. 金属棒の押し理論に基づく流入抵抗

- 1) 飽和粘土の場合 金属の丸棒押し理論にモール・クーロンの破壊条件式 $\phi_k = 0$ 、 $\tau_f = C$ を代入すると、ブラインドシールドの流入抵抗の式が得られる。ただし、これは土が極めて大きな変形を受けても、粘着力は変化しないとしているので、繰返した粘土の様な鋭敏比 $=1$ の場合と考えられる。

$$P = AC \left[4.6(\cot \alpha + 2) \log_{10} \frac{R}{r} + \frac{\pi}{3} \alpha \right] = AC \left[-6.9 \log_{10} \frac{R}{r} + \frac{\pi}{3} \right] \quad \text{----- (1)}$$

- ii) 砂質土で $\phi_k > 0$ 、 $C > 0$ の場合 破壊条件として $\tau_f = C_u + \sigma' \tan \phi_k$ を用いると次の様になる。

$$P = A \left\{ \sigma'_{x=2R} + \frac{\pi}{3} \alpha \left(\frac{\sigma'_{x=2R} \sin \phi + C \cos \phi}{1 - \sin \phi} \right) \right\} \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{ただし、} \sigma'_{x=2R} = \frac{C(2 \cos \phi + (1 + \sin \phi) \cot \alpha)}{2 \sin \phi + (1 + \sin \phi) \tan \phi \cot \alpha} \left\{ \left(\frac{R}{r} \right)^{\frac{2(2 \sin \phi + (1 + \sin \phi) \tan \phi \cot \alpha)}{1 - \sin \phi}} - 1 \right\}$$

ここで、 P : 流入抵抗 A : シールド断面積 C : 粘着力 ϕ : 内部摩擦角 β : 開口率 $(= \frac{r^2}{R^2})$ R : シールド半径 r : 開口部半径 α : 塑性状態におけるスベリ線の角度(流入角度) $\alpha = \frac{\pi}{3}$ とした。

3. 粘土の鋭敏比と流入抵抗

実験的に流入抵抗を調べる為、図1の様な二重管装置を用いて行った。推進速度を 1 cm/min に保った要する力を流入抵抗とした。この方法では、取込率は常に 10% となる。開口率は、1、5、10、15%の4種類で行った。試料粘土は次の様なものである。

- 試料A 青粘土+白粘土 鋭敏比 $=1$
試料B 寒天+ベントナイト+木節粘土 鋭敏比 $=26$
試料C 石膏+ベントナイト+木節粘土 鋭敏比 $=20$

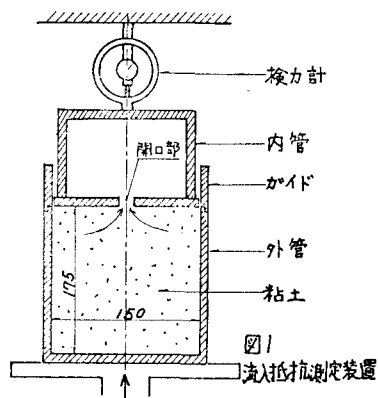
試料Aは、ミキサーで完全に繰返したものであり、試料B、試料Cは、鋭敏比を高め且強度を増加させる為に、それぞれ寒天、石膏を添加した。

a) 鋭敏比 $=1$ の繰返した粘土の流入抵抗

図2、3、4、5は、鋭敏比 $=1$ の試料Aの粘着力と流入抵抗の関係を示したものである。各開口率において、実験値と式(1)の理論値はほぼ一致している、この理論値は、完全に繰返された鋭敏比 $=1$ の粘土には適用できることが確認された。

b) 鋭敏比の高い粘土の流入抵抗

図6、7は、試料B、試料Cの粘着力と流入抵抗の関係を示したものである。これらの結果より、式(1)の理論値に対し、試料Bでは17%、試料Cでは56%低下しており、その低下率は鋭敏比の大きい粘土の方が顕著であることがわかる。これは、流入過程での土の変形により乱れが生じ、粘着力が減少することに起因し、鋭敏比の大きい



1) 粘土の方が、乱水の影響が大きく粘着力の減少が著しいのである。この様に、流入抵抗の低下が乱水による粘着力の減少に起因すると考えれば、乱す前の粘着力(=C)に対して、試料Bではその83%、試料Cではその44%の粘着力が実際に働いた有効粘着力(=C')になる。ここで、鋭敏比と $\frac{C'}{C}$ の関係を求めてみると、図8の様になり、C'と鋭敏比(=St)の関係は次の様になる。

$$\text{開口率 } 10\% \text{ の場合 } C' = C(1 - 0.43 \log_{10} St) \cdots (3)$$

又、他の実験結果より、開口率の小さい方が、式(1)の理論値に比べて流入抵抗の低下率が若干高くなるがその傾向は僅かであるので、式(3)の関係が10%以下の開口率についても成り立つものとした。そこで式(3)を式(1)に代入すると式(4)が得られ、この式によって、鋭敏比の高い粘土についての流入抵抗の算定が可能になる。

$$P = AC(1 - 0.43 \log_{10} St)(-6.9 \log_{10} \frac{\beta}{100} + \frac{\pi}{3}) \cdots (4)$$

4. 最適開口率について

現場22箇所の施工例におけるブラインドシールドの先端抵抗は、式(1)の理論値に対してばらつきがあるが平均すると約47%であった。この様な低下を粘土の乱水に基づく粘着力の減少によるものと考え、式(3)から $\frac{C'}{C} = 0.47$ に当たる鋭敏比を計算すると、 $St \approx 17$ に相当し、これは標準的な粘土地盤の値とも思われるので、式(4)がかなり実状に適合していることを示すものである。それ故、現場の粘土地盤においては、有効粘着力 C' は C の40~50%と考えられるので、流入抵抗は実用的には次の様になる。

$$P = (0.4 \sim 0.5) AC(-6.9 \log_{10} \frac{\beta}{100} + \frac{\pi}{3}) \cdots (5)$$

流入抵抗は、前述した様に、ブラインドシールドの前面に作用する静止土圧に等しくすることが理想的であるので、次の様な関係式が成り立つ。

$$(0.4 \sim 0.5) AC(-6.9 \log_{10} \frac{\beta}{100} + \frac{\pi}{3}) = K_0 \gamma H A \cdots (6)$$

従って、式(6)から求められる β が最適開口率となる。 $K_0 = 1$ とすると、式(6)は次の様になる。

$$\frac{\gamma H}{C} = (0.4 \sim 0.5)(-6.9 \log_{10} \frac{\beta}{100} + \frac{\pi}{3}) \cdots (7)$$

式(7)から、最適開口率 β は $\frac{\gamma H}{C}$ のみで決まることが分る。様々な $\frac{\gamma H}{C}$ に対する最適開口率 β を求めると表1の様になる。 $\frac{\gamma H}{C}$ が大きい

場合、すなわち、土被り圧に対してCが小さい場合ほど最適開口率は小さくなる。又、 $\frac{\gamma H}{C}$ が小さくなって3~4程度になると、開口率は10%になり、ブラインド

シールドとしてほぼ限界になる。従って、 $\frac{\gamma H}{C}$ が3~4以下では、ブラインドシールドは適さないことになる。

参考文献 1) 森 野尻「ブラインドシールドへの土の流入機構と推進先端抵抗」オ8回土質工学研究発表会

2) 精密工学講座10 塑性加工工学 コロナ社

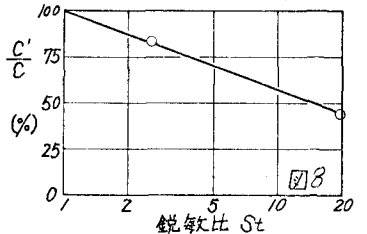
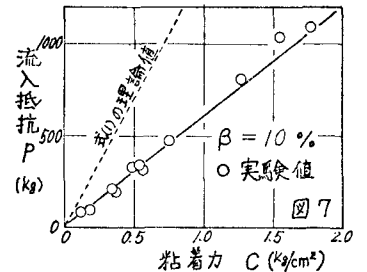
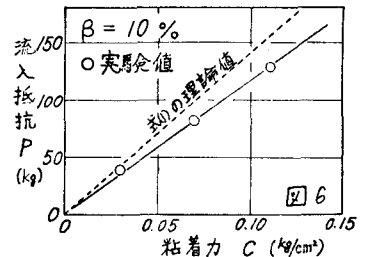
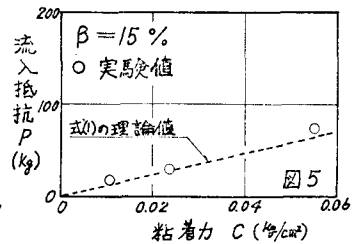
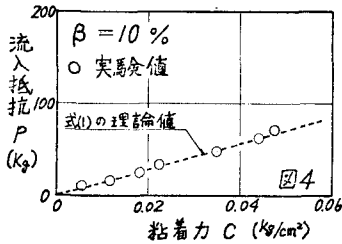
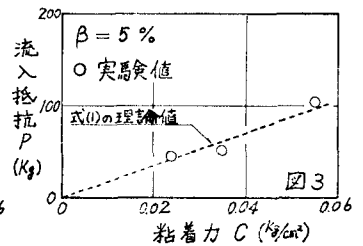
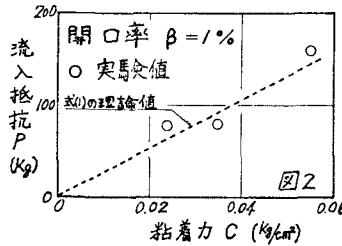


表1

$\frac{\gamma H}{C}$	11	10	9	8	7	6	5	4	3
β (%)	0.015	0.034	0.078	0.18	0.41	0.96	2.2	5.0	12
$\frac{C'}{C}$	0.092	0.18	0.35	0.68	1.3	2.6	5.0	10	19