

III-17 シールド切羽の土圧管理に関する実験的研究

勸大阪土質試験所 正会員 橋本 正
 勸大阪土質試験所 正会員 坂元 稔
 ㈱浅沼組 正会員 ○溝口 義弘
 ㈱浅沼組 正会員 浅田 毅

1. まえがき

近年、都市部でのシールド工事は、地下空間の幅狭化に伴い既設構造物への近接施工が多くなってきている。そのため、シールド掘進による周辺地盤へおよぼす影響を低減させることがますます重要になってきている。泥水加圧式シールドまたは土圧式シールドなどの密閉式シールドでは、切羽土圧を適正に管理することにより、切羽での応力解放を少なくし、周辺地盤の変形を低減させる方法¹⁾が行われている。シールド切羽の変形状況を把握するために模型実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

シールド切羽に内圧 P および外圧 σ が作用した場合、Broms²⁾ による実験に基づいた切羽の安定は次のようになる。

$$\sigma - P = N_s \cdot C_u \quad (1)$$

ここに、 C_u は地山の非排水せん断強さを、 N_s は安定係数を表す。Clough³⁾ によると、安定係数 N_s はその大きさにより、 $N_s \geq 6$ では地盤破壊、 $4 < N_s < 6$ では降伏域の全般的拡大あるいは大変形の発生、 $2 < N_s \leq 4$ では弾性と降伏の過度領域、また、 $N_s \leq 2$ では弾性的挙動の小さな変形しか発生しないとしている。

(1)式の左辺は、切羽前後の土圧の不均衡量と考えると、切羽土圧と静止土圧との差に等しくなる。図-1に示す実験装置は、切羽部分を模型化したもので試料が地山に点線部がシールドに相当する。上載圧力は油圧ジャッキで、切羽圧力はコンプレッサーで設定する。切羽の水平変位はペDESTALを介して変位計で計測する。切羽の内径 D は $\phi 20, 40, 60\text{mm}$ の3種類である。実験は以下の方法で行った。試料を圧力 σ_{vc} で圧密させた後、所定の上載圧力 σ_v に設定した状態で、シールド部に切羽圧力 σ_{ah} を加圧または減圧して切羽の水平変位 δs を計測する。実験条件を表-1に示す。なお、 σ_{ah} は静止土圧相当の σ_h を基準として数段階に分けて減圧し、計測（放置）時間 t は応力解放時間等を考慮して決めた。実験に用いた試料は東大阪市高井田で採取したシルト質砂（ $W_L = 49.0\%$ 、 $W_P = 22.4\%$ ）である。

3. 実験結果と考察

図-2は、内径 $D 40\text{mm}$ の水平変位 δs と切羽圧力 σ_{ah} の関係である。なお、正の変位量は地山の呼込みに相当し、第2 Y軸は試料の非排水せん断強さ C_u と(1)式から求めた安定係数 N_s を示す。 $\sigma_{ah} > \sigma_h$ では地山の押込みが、 $\sigma_{ah} < \sigma_h$

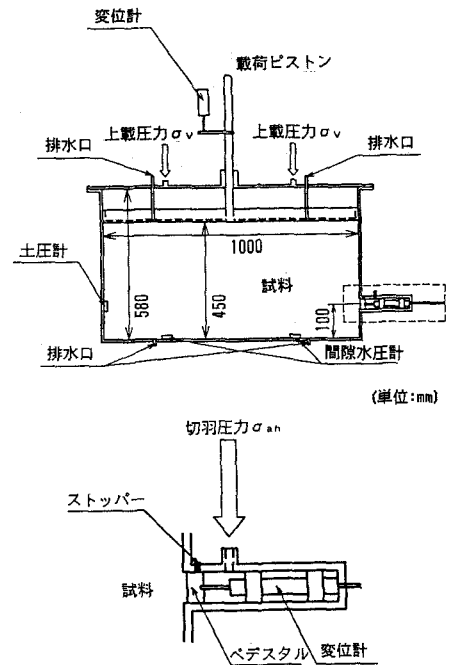


図-1 実験装置

表-1 実験条件

σ_{vc} (kgf/cm ²)	σ_v (kgf/cm ²)	σ_{ah} (kgf/cm ²)	内径 D (mm)	計測時間 t
0.5	1.0	0.75~0.0	40	1, 10, 60分
			20	1分
			60	10分

では地山の呼び込みが生じ、変位がゼロであるつり合い圧力はほぼ σ_h に等しい。 N_s が2~3以下で変位は非常に小さいが、それを超えると変位は増大し、その境界点 N_s は放置時間 t が長いほど小さくなる。内径 D 20,60mmについても図は省略するが同じ傾向が見られる。放置時間 t が同じ場合、内径 D が大きくなるほど水平変位は大きくなる。そこで、応力比 $[(\sigma_h - \sigma_{ah}) / \sigma_h]$ と切羽断面積に対する水平変位の比 $[\delta s / (\pi \cdot D^2 / 4)]$ の関係を求めたものが図-3である。 $\delta s / (\pi \cdot D^2 / 4)$ は、放置時間 t が同じ場合、内径の大きさに関わらずほぼ同一曲線上にプロットされ、 t が長くなるほど大きくなる。

図-4は、内径 D 40mmの応力比 $[(\sigma_h - \sigma_{ah}) / \sigma_h]$ と $[\delta s / D]$ の関係である。なお、試料の三軸UU試験結果の応力比 $[(\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)_r]$ 〜ひずみ $[\epsilon_a]$ 曲線を示す。ただし、 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ は軸差応力を、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_r$ は破壊時の軸差応力を、 ϵ_a は軸ひずみを表す。変形が非常に小さい領域では三軸UU曲線に近い形状を示し、放置時間 t が長いほど三軸UU曲線に近似しにくくなる。

静止土圧を基準として、切羽土圧が C_u の2~3倍程度の減少を生じて変形は小さく抑えられる。放置時間が長いほど切羽土圧の管理範囲は狭くなる。

4. あとがき

密閉式シールドにおいて、地山の強度と静止土圧および放置時間を考慮して切羽土圧を管理すれば、切羽の水平変位を低減させ地表面沈下を少なくすることができる。今後、切羽の鉛直変位等についても実験を行い、切羽の土圧管理方法に検討を加えていきたい。

参考文献

- 1) 佐野、太田、橋本、高見：軟弱粘土地盤中の密閉式シールドにおける切羽土圧管理について、第25回土質工学研究発表会
- 2) Bengt B. Broms and Hans Bennermark: Stability of clay at vertical openings、Proc ASCE 1967, SM1 p.71.
- 3) Clough, A.W. et al: Design and performance of excavations and tunnels in soft clay、Int. symposium on soft clay、Bangkok、1977.

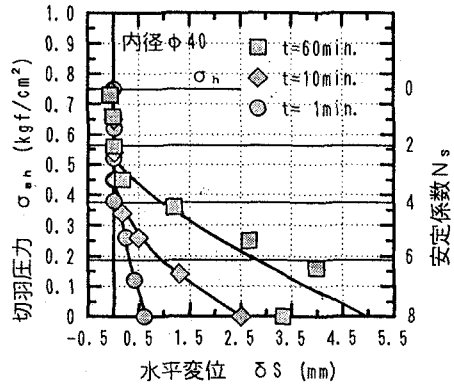


図-2 $\delta s \sim \sigma_{ah}$ の関係

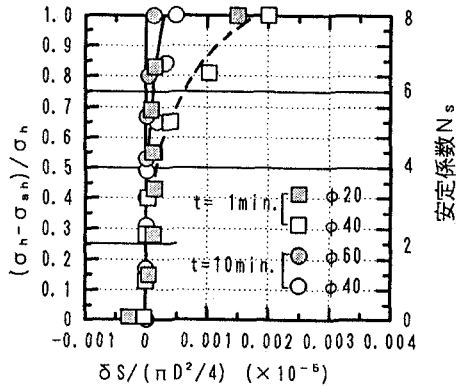


図-3 応力比 $\sim \delta s / (\pi \cdot D^2 / 4)$ の関係

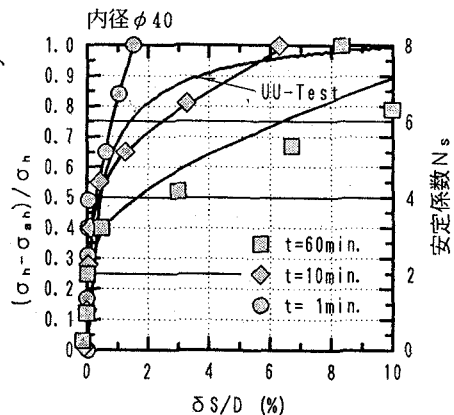


図-4 応力比 $\sim \delta s / D$ の関係