

Ⅲ-647

シールド工事に伴う地盤変形に関する実験的研究

（株）浅沼組 正員 ○溝口 義弘 正員 浅田 毅
（財）大阪土質試験所 正員 橋本 正

1. はじめに

近年、都市部での地下空間の利用が進み、既設構造物に近接してシールド工事を施工するケースが多くなっている。そのため、いままで以上に、シールド工事によって生じる地盤変形を予測し、周辺地盤に及ぼす影響を低減させることが重要になってきている。橋本ら¹⁾は、シールド施工時の地盤の変形において、①切羽土圧のバランスに関する変形、②テールボイドにおける応力解放および裏込め強度発現までの時間遅れに伴う変形が全変形の80～90%を占めている場合が多いと述べている。①のシールド切羽の圧力変化に伴う切羽の変形挙動について、シールドの模型実験を行い、掘進に伴って生じる切羽の変形を予測する方法について調べた²⁾。本報告は、②の応力解放に伴う変形挙動を調べるために模型実験を行ったので、その結果を述べるものである。

2. 模型実験

模型実験の装置を図-1に示す。実験装置は、応力解放に伴う地盤変形を調べるためにシールドのテールボイド部分を模型化したものである。図中の土槽内の試料が地山に、点線部分がシールドマシンの通過後の状態に相当する。土槽内の試料は空気圧によって加圧し、テールボイドを想定した掘削孔のクラウン部分の変形を非接触型の渦電流式変位計で計測する。なお、模型実験の掘削孔の内径Dは70mmとした。

実験は以下の方法で行った。試料を上載圧力 $\sigma_v = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密し、試料を乱さないように所定の掘削長Lまで素掘りする。掘削後、掘削孔前面（切羽）の変形を拘束した状態で、上載圧力 σ_v を加圧し掘削孔のクラウン部分の変形を計測する。表-1に実験条件を示す。なお、変位を計測した位置は切羽からの距離で表し、その位置は掘削長Lによって変える。

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。また、その試料について三軸圧縮UU試験を行い、非排水せん断強度 C_u は 0.30 kgf/cm^2 である。

3. 実験結果と考察

図-2は、クラウン部の変位 δt を掘削径Dで無次元化した値（ $\delta t/D$ ）と時間tの関係について、上載圧力 σ_v が 0.2 kgf/cm^2 のときのものを示している。この図から、掘削長Lが長いほど変形は大きくなり、掘削孔の中央部分が最も大きく変形する。また、1時間経過すると変位 δt はほぼ一定値に収束することがわかる。図-3，4における変位 δt は変形が大きい中央部分の値を示し、その

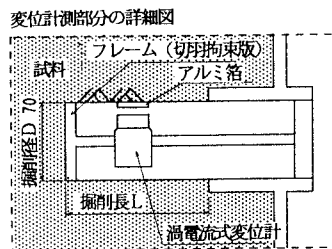
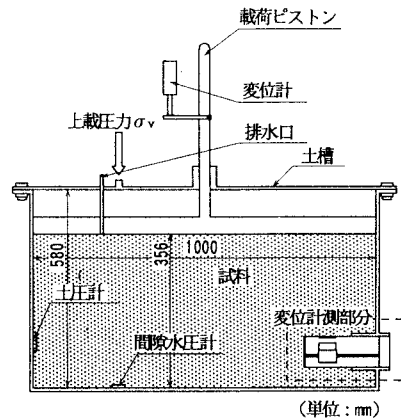


図-1 模型装置

表-1 実験条件

掘削径 D (mm)	掘削長 L (mm)	計測位置 (切羽からの距離) (mm)	上載圧力 σ_v (kgf/cm^2)
70	1D	0.5D	0.2→1.0 ($\Delta 0.2$)
	2D	0.5D 1.5D	
	3D	0.5D 1.5D 2.5D	

変位 δt の最大値を δt_{max} とする。他の上載圧力 σ_v においても同じ傾向を示している。

図-3は、変位 δt_{max} を掘削径 D で除した無次元量($\delta t_{max}/D$)と掘削長 L を掘削径 D で除した無次元量(L/D)の関係を、安定係数 $N_s^{11)} [= (\sigma_v - \sigma_t) / C_u]$ ごとに示す。なお、 σ_t は掘削孔内の内圧である。この図から、上載圧力 σ_v (または N_s)が大きくなるにつれて($\delta t_{max}/D$)は大きくなるのがわかる。また、 $N_s \sim (L/D)$ の関係は、(L/D)が大きくなるほど勾配は緩やかになる。

図-4は、安定係数 N_s と($\delta t_{max}/D$)の関係を示す。 N_s が1以下において変位は非常に小さいが、それを越えると変位は大きくなり非線形性を増す。

図-5は、シールド工事に伴う地盤変形の予測解析方法として提案したもので、(L/D)と応力解放度 α の関係を示したものである¹¹⁾。そして、模型実験の結果をこの予測解析方法にあてはめて検討してみる。たとえば、(L/D)が1の場合、図中のテールボイド解放のみの曲線において、 $L/D=1$ のとき応力解放度 α は0.55となり、その曲線を外挿すると $L/D=3$ で α は1に漸近する。今回行った模型実験において、図-3より $L/D=3$ のときの $\delta t_{max}/D$ に対する $L/D=1$ のときの $\delta t_{max}/D$ の比を α とすると、0.35~0.5となる。この模型実験から得られた α は、図-5から得られる α より小さい値を示すが、実験および解析上の精度等の影響によると思われる。

4. まとめ

今回行った模型実験によってシールドのテールボイドにおける応力解放に伴う地盤変形について、以下のようなことがわかった。

- ① テールボイド(掘削)長が長いほど、または上載圧力が大きくなる(N_s が大きい)ほど地盤変形は大きい。
- ② 応力解放時間が長いほど変形は増大するが、時間とともにその増加率は小さくなる。
- ③ N_s と変形($\delta t_{max}/D$)の関係は非線形であり、 $N_s \geq 1$ で非線形の度合いが大きい。
- ④ 実験値から推定した $L/D=1$ の応力解放率は0.35~0.5である。

参考文献

- 1) 橋本、高見、中廣、八谷：切羽およびテールボイドの影響を考慮したシールドトンネルの地盤変形解析について、第23回土質工学会
- 2) 橋本、坂元、溝口、浅田：シールド切羽の土圧管理に関する実験的研究、第29回土質工学会
- 3) Clough A.W et al.: Design and performance of excavations and tunnels in soft clay, Int. symposium on soft clay, Bangkok, 1977

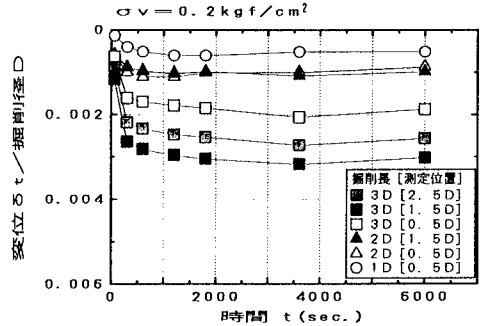


図-2 変位 δt /掘削径 D と時間 t の関係

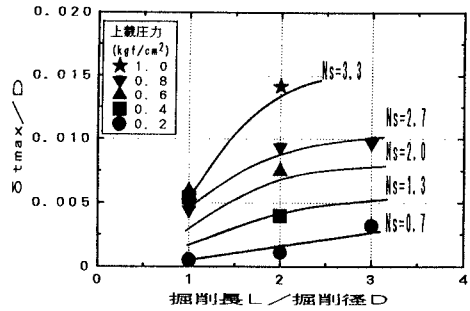


図-3 $\delta t_{max}/D$ と L/D の関係

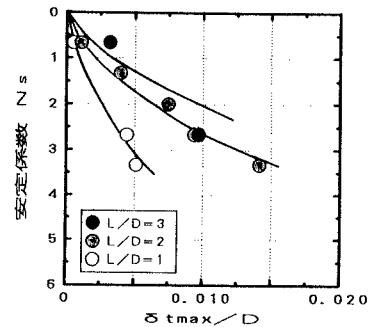


図-4 N_s と $\delta t_{max}/D$ の関係

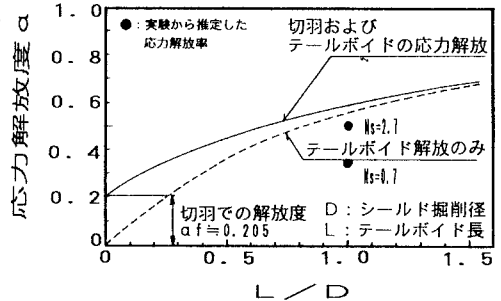


図-5 α と L/D の関係