

鹿島建設技術研究所

正員

木島詩郎

正員

横谷英夫

正員

中尾努

1. まえがき

地下構造物建設に数多く採用されているフラインドシールド工法による施工に際し、周辺地盤を乱すため地盤変状が生じ、地表面および隣接構造物に影響をおよぼすことがしばしば見うけられ、このためシールド推進に伴う地盤変状の予測と防止対策などについて解明が迫られているのが現状である。地盤および地表面に変状を与える条件としては種々あげられるが、推力が一つの大きな要素と考えることができ、文献¹⁾によると、切羽前面の土圧係数と地盤の変状には密接な関係があることが報告されている。筆者らはシールド施工条件と関連した地盤の変状の把握を目的として数ヶ所の現場において各種調査を実施したが、今回はこれらの結果を取りまとめ報告する。

2. 現場条件および測定項目

測定を実施した4現場5地点(A現場は地盤および施工条件の異なる2ヶ

所を実施)のシールド諸元を表1に、施工条件および地盤条件を一覧として

表2に示した。測定項目は次のとおりである。

1)地表面変位、2)地中変位、3)シールド推力、

4)土の取込量、5)土質条件

3. 測定結果および考察

地表面変位とシールドとの位置的関係は図1

のように、経過時間(T)と地表面変位(S)との

関係は図2のように示される。これによるとS-

Log T線はほぼ2本の直線で近似され、その前半

(初期沈下と呼ぶ)は後半(継続沈下と呼ぶ)

と比較して沈下勾配が大きく、かつ直線の交点

(急折点)は図1に示すようにいずれもシールドテール下端より後方に $\pi/2 - \phi/2$ なる勾配で引いた直線と地表面

との交わる点までの範囲内で生じている。すなわち初期沈下はシールドの影響範囲内で完了している。

表1 シールド諸元

項目	地盤	A現場	B現場	C現場	D現場
シールドの形式	フラインド式	フラインド式	フラインド式	フラインド式	フラインド式
シールドの外径(mm)	5,900	5,082	4,570	5,334	5,334
シールドの長さ(mm)	4,850	4,850	4,425	5,340	5,340
セグメントの長さ	RC	RC	RC	RC	コンクリート
セグメントの外径(mm)	5,750	4,900	4,450	5,200	5,200
セグメントの内径(mm)	5,300	4,500	4,100	5,300	5,300
セグメントの厚さ(mm)	300	1,000	300	300	300
掘削量(m ³ /m)	27.8	18.2	15.5	31.3	31.3
テールガイド(度/m)	1.37	0.87	0.85	1.12	1.12

表2 施工条件および地盤条件

項目	A1	A2	B	C	D
掘削速度(m/H)	5.4~7.2	5.4~7.2	5.0~9.0	9.9~13.6	3.6
掘削力(t)	800~900	600~800	650~720	550~640	1,300~1,500
土砂取込量(m ³)	23.0~24.0	—	19.7	14.8~15.0	28.0~29.0
土砂取込率(%)	94~98	—	100	100~102	99~103
土圧比	0.48	0.48	0	0	0.3
土圧比	27/0	1.9	1.75	2.36	2.82
自然含水比(%)	44~56	42~63	77	40~91	95~111
比重量	2.65	2.65	2.65	2.60	2.50~2.72
液性指数	32~46	1.7	1.60	1.65	1.40
塑性指数	27~32	35~45	61~68	45~83	80~130
粘性土	27~32	27~31	32~34	21~41	30~60
シルト分(%)	6~16	8~30	27~36	18~51	40~90
砂分(%)	1~2	0	0~3	0	0
シルト分(%)	5~42	4~33	4~3	4~61	4~47
粘土分(%)	44~69	51~63	54	39~96	39~73
粘土分(%)	10~26	15~33	38~42	0~2	10~57
注釈速度(kg/cm ²)	0.25~0.63	0.35~0.65	0.58~0.74	0.39~1.15	0.75~1.12
注釈保力(kg/cm ²)	11~25	13~23	—	11~56	15~59
注釈保力	0.5~1.2	1.2~1.8	—	2~10	1.2~1.5
注釈保力	0.3~0.5	0.3~0.7	—	0.3~1.0	0.2~1.0
注釈保力	1.3×10 ⁻² ~2.3×10 ⁻²	1.2×10 ⁻² ~1.8×10 ⁻²	—	2.7×10 ⁻² ~2.8×10 ⁻²	4.0×10 ⁻² ~5.2×10 ⁻²

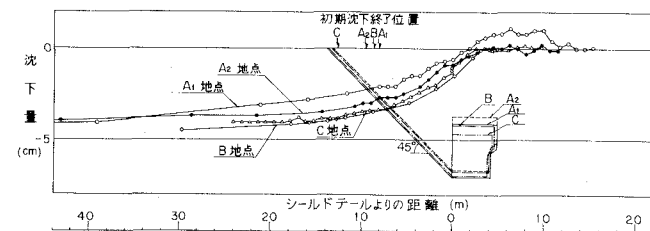


図1 縦断方向の地表面変位

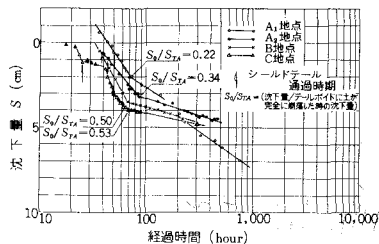


図2 経過時間-沈下量線

次に推力係数と取込土量および周辺地盤の変状の関係について実測値に基づいて述べる。そこでシールドの先端抵抗力をシールド中心での土被り荷重で除したものを推力係数と称し、この値と最大地中変位量、地表面の隆起量、継続沈下勾配との関係を図3に、施工上に定めた開口率、開口率に規定される土砂取込率（取込土量を掘削土量で除したもの）、推力比（先端抵抗力をB.B.Bromsによる完全ブラインドの場合の計算先端抵抗力で除したもの）との関係を図4に示した。推力係数の最も大きいA1地点について最大地中変位量、隆起量、継続沈下勾配が大きく現われる傾向にあり、取込土量もほぼ96%と他に比較し少ない。これに対し他の地点では隆起現象は全く認められず、土砂取込率もほぼ100%に近い値であった。この推力係数は切羽に作用する土圧係数と考えられるので、推力係数をRankineの土圧係数と対比させ図4に示したところA1地点を除く各地点の推力係数は $K=0.87\sim 1.16$ の間に分布しており、またA1地点の値は $K=1.30$ とほぼ受動土圧係数に等しくなっていることがわかった。これは推力係数が受動土圧係数にほぼ等しい推力で施工したA1地点では切羽前面の地山が全般破壊（受動破壊）を起こし地表面を隆起させたために土砂取込率は100%以下の値となり、またシールド周囲の地山を図5の地中変位測定結果（A1地点）に示すように大きく乱し、このために圧密、脱水に起因する継続沈下が大きく表われたものと推定される。これに対して受動土圧より小さな推力で施工した地点では土砂取込率はほぼ100%前後の値となり、地表面の隆起現象は認められず、地山の乱れも少なくなしたがって継続沈下が小さくなったものと考えられる。また推力比はA1地点の $N=0.79$ を除いて $N=0.4\sim 0.57$ とほぼ0.5付近に分布している。記号および計算式を一覧として表3に示す。

4. まとめ

以上の研究結果から、地表面の沈下はシールド通過とともに急激に表われる「初期沈下」と、その後徐々に進行する「継続沈下」に分けられること。地盤の隆起、地中変位および継続沈下は推力係数と土圧係数との関係で定まり、推力係数が受動土圧係数にほぼ等しかった条件で地盤の隆起、地中変位および継続沈下は大きく表われるが、推力係数が静止土圧に近くなるとこれらの現象は認められないことがわかった。しかしシールドのテールボイド等に起因する初期沈下がしめる割合も大きく、沈下を防止するには適正な推力で施工し地盤を乱さないようにするとともに、テールボイドを速やかに処理することが必要であろう。

参考文献

- 1) 森 麟；ブラインドシールドへの土の流入機構と推進先端抵抗，第8回土質工学研究発表会，S49年

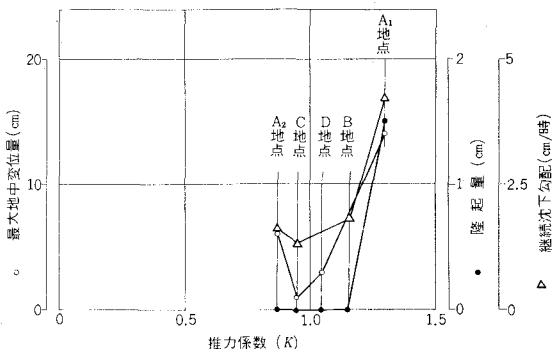


図3 推力係数と地盤変状

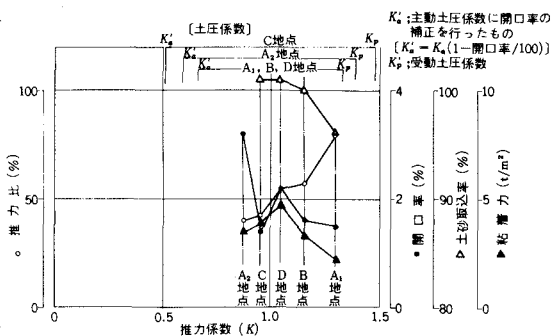


図4 推力係数とシールド施工条件

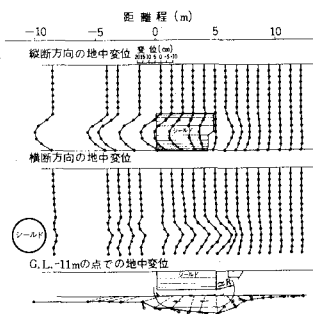


図5 地中変位 (A1地点)

計算条件	C: 粘着力
γ : 単位体積重量	D: シールド外径
Z: シールド中心の深度	Q: シールドの突進抵抗力
A: シールド断面積	
計算過程	
F_B : 完全ブラインドの場合の計算先端抵抗力 (B. B. Broms による)	
Q_F : 計算周辺摩擦力 (シールド外周と地盤との間に発生する摩擦力)	
Q_P : 先端抵抗力	K : 推力係数
K_A : 主動土圧係数	K_P : 受動土圧係数
$F_B = A(\gamma Z + c)$ ($\alpha = 6$)	
$Q_F = \pi L D C$	$Q_P = Q - Q_F$
$K = Q_P / A \gamma Z$	$N = Q_P / F_B$
$K_A = 1 - 2C / \gamma Z$	$K_P = 1 + 2C / \gamma Z$

表3 計算条件一覧