

佐藤工業 正員 ○ 桐谷洋治

佐藤工業 止員 福田和久

1. はじめに

近年、地下構造物建設に際してシールド工法が採用される場合が多いが、シールド掘進に伴う地盤の変状等の建設公害対策が重要な問題になってきている。これらの問題に対処するにめ“土圧バランス式シールド工法”がこのほど開発された。本工法のシールド掘進機は図1に示すような基本構造を持ち、カッターフレーム、スクリューコンベヤ内に常に土砂を充填し切羽地山の持つ土圧、水圧を開放することなく掘進し、切羽の安定を保つものである。掘進に際しカッター内の土圧、水圧、推力、カッタートルク、スクリュートルク、掘削土量、排土量等と常に計測し、切羽地山の土圧、水圧とのバランスを崩さないような安全装置、自動制御装置が装備されている。以下に本工法により施工された下水道工事に際して行った周辺地山の挙動測定結果について報告する。

2. 現場条件および測定項目

現場付近の土質条件は軟弱な沖積地盤で、シールド掘削断面の上半は砂質土層、下半は粘性土層で構成されており、土被り5.5～6.5m、地下水位G.L.-1.4～1.8mである。シールド掘進機の諸元を表1に、土質条件を表2に示す。測定は、工区全長にわたって地表面沈下、地下埋設物の沈下を測定するほか、特に2ヶ所に測定断面A、Bを設け地山の挙動を詳細に測定した。測定項目は、地上より1)地表面沈下、2)地中沈下(G.L.-3.0m)、3)地中水平変位、4)地中中間隙水圧、5)坑内において、5)スクリューコンベヤ排土量、土質試験、6)シールド掘進時の諸装置稼働状況、等である。

3. 測定結果および考察

測定断面A、B付近の掘進時におけるそれぞれの施工条件を表3に示すとおりであり、断面Aの方が、総推力、カッタートルク、スクリュートルクが大きく、土砂取込率が少なくなっている。これは、断面Aが発進立坑に近い位置にあり、発進当初シールド掘進機と現場土質条件に最適な施工条件が明確でなく、取込土量に対し排土量を少なめにおさえて、カッターフレーム、スクリューコンベヤ内に土砂を十分に充填し切羽崩壊の防止をはかったためである。図2に地表面沈下の縦断面図を示すが、沈下

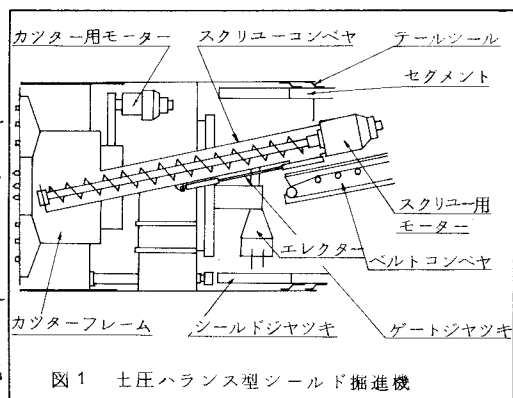


図1 土圧バランス型シールド掘進機

表1 シールド諸元

シールド機の外径	2,870 mm
シールド機の長さ	4,090 mm
セグメントの外径	2,750 mm
セグメントの幅	900 mm
掘削土量	582 m ³ /リング
テールボイド	0.48 m ³ /リング
カッタートルク	28 t·m (max)
スクリューコンベヤ	26 m ³ /hr 25 rpm

表2 土質条件

	砂 質 土	粘 性 土
N 値	1～8	0～3
砂 分	60～80%	12～45%
含 水 比	29～37%	48～62%
透水係数	3.8～5.0×10 ⁻⁵ cm/sec	5.8～10.0×10 ⁻⁷ cm/sec

表3 施工条件

はシールド切羽通過時より始まり、シールドテール通過後に沈下速度が早まり、シールド切羽通過後10m付近までほぼ終了する。断面Aでは多少の隆起が見られたが、両断面共先行沈下が見られずシールド前面よりの土砂の呼び込みはなかったようである。又、無圧気にもかかわらずセグメント継ぎよりの漏水がほとんどなく、圧密による長期の継続沈下および断気による死下等の二次的な沈下が非

	断面A	断面B
推 力	300t	170t
推進速度	37mm/分	36mm/分
カッタートルク	21 t·m	9.5 t·m
スクリュートルク	170 kg·m	100 kg·m
排土量	4.9 m ³	5.4 m ³
排土率	84%	93%
単位体積重量	1.82 t/m ³	1.80 t/m ³
含水比	39%	45%
7.4"通過率	56%	60%

常に少なかった。横断方向の地表面沈下

形状図を図3に示す。図中、計算値により示された沈下曲線は、Schmidtによるガウスの分布関数（誤差関数）を用いる沈下量の予測計算式より求めたものである。最大沈下量、影響範囲共に実測値の方が小さい。図4は、地中の各深さに埋設した間隙水圧計による水圧分布の変化を示したものである。

定常時の水圧分布はほぼ静水圧分布に一致しており、切羽通過前約5m付近より変化が始まり、切羽通過時に最大となり、切羽通過後約10m付近で定常時にむじる。図5は、地中水平変位の測定結果である。断面Aでは、切羽通過5m付近より変化が現われ始め、切羽通過時に変位が最大となる。テール通過後は逆にシールド側への変位が見られた。断面Bでは測点を増やして測定を行な、たが、切羽通過時にわずかに変位が観測されただけで、断面Aに比べると非常に少なかった。前述したように、断面Aでの掘進状況はスライントシールド工法に近い状態であったと思われる。測定値も断面Bより大きな値を示している。断面Bは、先行沈下、隆起もなく比較的安定した掘進状態であったと思われるが、地中変位、間隙水圧変化が観測されており、シールド前面の形状に研究の余地があると思われる。又、地表面沈下の横断面図における計算値と実測値を比較した場合、沈下がテールボイドのみによって生ずると想定する時、裏込材がテールボイドの70%を充填していたことになる。

この時裏込注入率は130%であり、注入率を170%に上げることによりさらに沈下量を減少することもできる。

4. まとめ

以上より、地山状態に合ったシールド掘進施工条件および裏込注入材料、注入量を検討することにより周辺地山への影響と少なくできることが確認され、さらに、シールド前面構造を検討することにより影響と少なくできると思われる。今回は、シルト系の地盤に適用し、その成果をおさめることができたが、今後、地下水位の高い砂質、砂れき地盤に適用するために、スクリューコンベヤ排土口に加水装置と取り付けに「土圧バランス式加水型シールド工法」について実験研究を行っており、今迄に得られた結果より十分に実用化できると確信している。また施工例も少ないが、今後本工法は公害の少ない工法として発展する可能性が大きく、さらに開発研究を進めていく所存である。

参考文献

Schmidt : "Settlements and Ground Movements associated with Tunneling in Soil" Univ. Illinois 1969

表4 Schmidtの計算式

$$S_{max} = 0.8 t / i/a$$

$$i/a = 1.0 (Z_0/Z_a)^{0.8}$$

S_{max} : 最大沈下量
 $2a$: セグメント外径
 $2i$: トラフ幅
 Z_0 : 軸深さ
 t : テールボイド厚

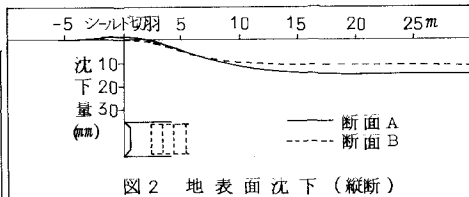


図2 地表面沈下（縦断）

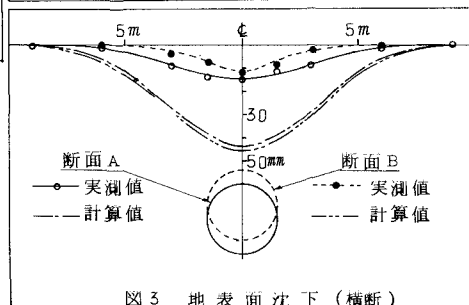


図3 地表面沈下（横断）

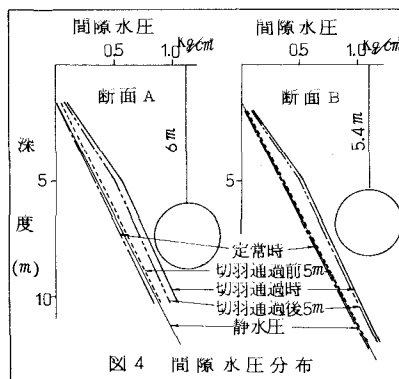


図4 間隙水圧分布

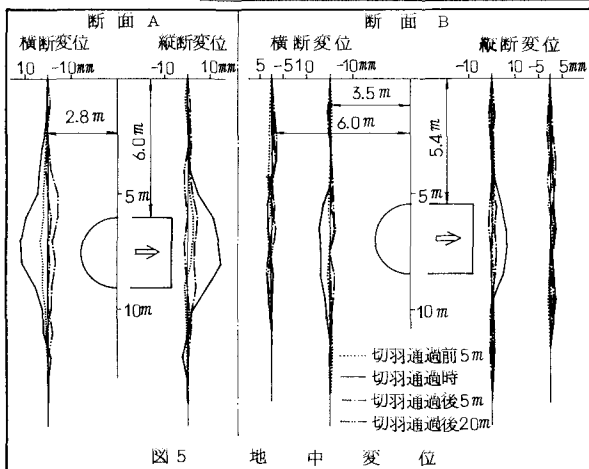


図5 地中変位

応ずるために、スクリューコンベヤ排土口に加水装置と取り付けに「土圧バランス式加水型シールド工法」について実験研究を行っており、今迄に得られた結果より十分に実用化できると確信している。また施工例も少ないが、今後本工法は公害の少ない工法として発展する可能性が大きく、さらに開発研究を進めていく所存である。