

シールド掘削における深層混合処理による沈下防護

倉敷市 下水道局 正会員 小野 朋治
 アイサワ工業(株) 正会員 小西 仁志
 同上 正会員 ○成瀬龍一郎

1. はじめに

都市部におけるトンネル施工は、トンネルの深層化、路面交通の問題、あるいは、住民への環境対策といったことを勘案して、開削工法からシールド工法へと移行してきている。しかし、シールド工法にしても多くの問題があり、特に、工事に伴う周辺地盤への影響といったものは、住民への環境対策を考える上で大きなネックとなっている。そのため、最近では開放型のものから泥水、あるいは、土圧系といった密閉型のシールドが主流をなしてきており、従来に比べると影響度合は大きく縮小されている。ところが、これらの工法にしても十分とはいいがたく、特に、軟弱な粘性土地盤では周辺への影響を完全に押えることは不可能に近い¹⁾。本報文では、家屋周辺部のシールド通過位置の両側に深層混合処理(DJM工法)による遮断壁を設けることにより、家屋への影響を最少限にとどめることができたので、地表面沈下の実測値を基にその効果と若干の考察を加えて報告する。

2. 工事および地盤の概要

当工事は岡山県倉敷市において、汚水幹線管渠埋設工事の1部として、シールド径3080mmのシールドトンネルを施工したものである。図-1にシールド路線の平面図、図-2に地質縦断図を示すが、これに見られるように、シールドは全区間非常に軟弱な沖積層を掘削する。

当施工区間は1部民家が近接しており、工事に伴う民家への影響が懸念された。そこで、シールド機としては土圧バランス型のものを選定し、さらに、テールボイドだけでなく、軟弱粘性土の場合、切羽や裏込め注入による地盤の乱れが原因となって大きな沈下が生じるといった過去の実績等も勘案し、補助工法として図-3に示すように、家屋周辺部のシールド通過位置の両側に深層混合処理(DJM工法)による遮断壁を設けることとした。1部DJMの施工が困難な箇所については薬液注入で防護することとした。

この付近の地盤は、G.L.-11～-12m付近を境にして沖積層と洪積層に大きく区分され、沖積層はN値0～2と非常に軟弱で、全体に粘性土層で構成されているが、発進側にG.L.-6～-10m付近に砂質土層が分布している。また、到達側には沖積層の最下位に若干の有機質の粘土もみられる。洪積層は全体に粘性土層と礫質土層で構成されているが、1部砂質土層が薄く挟在する形で分布している。

3. 沈下解析

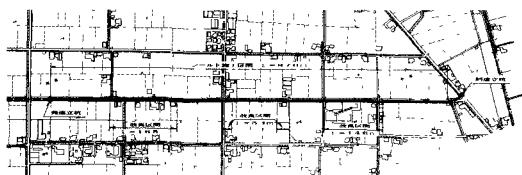


図-1 シールド路線平面図

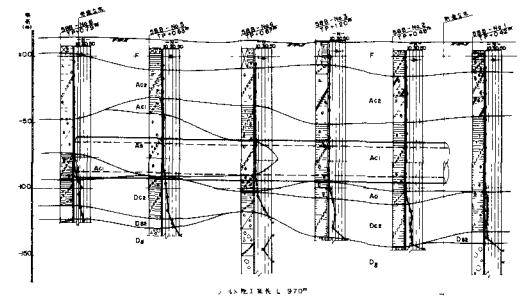


図-2 地質縦断図

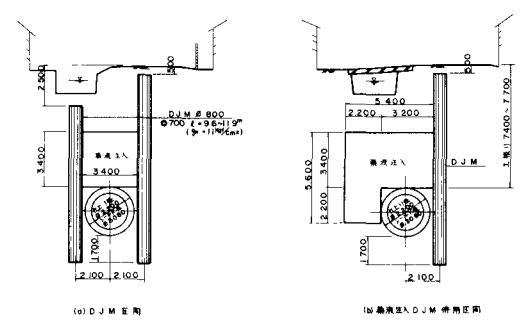


図-3 標準断面図

当工事では、工法を決定するに当たり各種検討を行なったが、その内の沈下解析について説明する。計算は素堀り弾性体仮定のもとで2次元FEM解析を行ない、地盤物性値は土質試験等の結果より推定して与えた。図-4にD JM区間における解析断面を示し、表-1に地盤の入力物性値を示す。その結果、シールド通過位置の両側を洪積層上面まで改良した場合（採用断面）と、崩壊角を45°として求めた主働崩壊面までを両側改良した場合とを比較したとき、地表面での最大沈下量で後者は前者より約3倍大きく、また、片側のみ洪積層上面まで改良した場合は前者より約2.5倍大きくなり、家屋毎に沈下量を算定した結果、採用断面以外ではほとんどの家屋について許容値(20mm)を越え、何らかの障害が生じる可能性が考えられたため、図-3の断面に決定した。

4. 沈下測定結果とその考察

図-5にシールド直上点における地表面沈下のシールド機の進行変化図を示すが、無処理区間ににおいて一部隆起が生じており、ほぼシールド底部から地表面までの高さと同程度手前より影響があらわれている。また、D JM区間の方が無処理区間に比べて早い時期に影響があらわれるようである。図-6には各区間における地表面沈下の横断図を計算値とあわせて示すが、シールド直上点では無処理区間は計算値より小さく、改良区間は大き目に出ている。しかし、周辺部では薬注併用区間においても計算値のような薬注側の大きな沈下はみられず、いずれも計算値以下となっている。改良効果については、計算仮定に問題があるため計算値との比較からは判断しにくいが、実測値のみを比較すればその効果が確認できる。

今回のD JMの打設範囲は、シールド直上の改良区間と無処理区間の境界より、シールド底部から地表面までの高さと同距離（約11m）の範囲に影響がおよぶものとして決定しており、図-7に境界付近の沈下縦断図を示すが、境界の前後、ほぼ計画と同程度の範囲に影響がおよんでいることがわかる。さらに、図-8には平面的な沈下状態をセンター図で示しており、この図から家屋に対する許容沈下量からみた場合、影響範囲の決定方法は妥当であったといえよう。

5. おわりに

家屋への影響はほとんどみられず、当工事においてD JMの効果が実証されたため、今後、他工区においてもこの工法を採用していく予定であるが、シールド掘進に伴う地盤挙動については未解明な点が多く、精度の高い挙動予測を行なうことは不可能に近い。今回は地表面沈下のみの測定であったため、地盤挙動の一端しか説明できなかったが、各種計測を実施し、データの集積、整理、解析を行なうことにより、より精度の高い沈下予測を可能とし、より効果的な沈下対策を考えることが今後の課題となろう。

（参考文献） 1) 三木他：“シールド工事に伴う周辺地盤への影響”座談会、第29回土質工学シンポジウム発表論文集、土質工学会、P.89～P.101、1984.11

表-1 入力地盤物性値

記号	地盤構成	E_s (t/m)	ϕ (deg)	C_s (t/m)	E_m (t/m)	V	K_0
A	表土	1.8	20	0	150	0.35	0.54
B	沖積粘性土層	1.7	0	2'0	110	0.45	0.82
C	沖積粘性土層	1.75	0	5'0	900	0.4	0.67
D	砂	2.0	40	0	2500	0.3	0.43
E	液限	1.8	0	50	5000	0.3	0.43
F	過剰含水率	1.75	0	3'0	300	0.4	0.67

図-4 解析断面図(D JM区間)

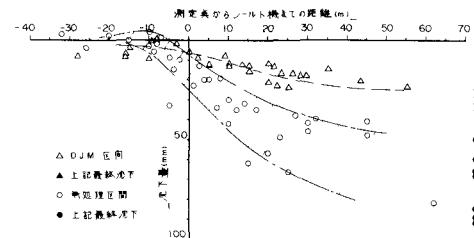


図-5 地表面沈下のシールド機進行変化図

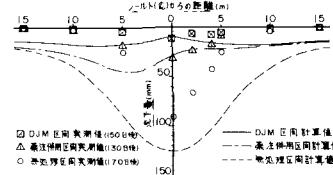


図-6 地表面沈下横断図

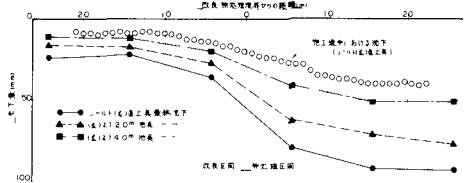


図-7 地表面沈下縦断図



図-8 地表面沈下センター図

