

## 大断面泥水式シールドの施工による地盤変位について - 常磐新線（つくばエクスプレス） -

（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 阿部修三 中野勘二  
（財）地域地盤環境研究所 正会員 Yinyongrattanukul, N. 粥川幸司 水原勝由

### 1. はじめに

常磐新線（つくばエクスプレス）は都内の秋葉原を起点とし、埼玉県、千葉県を経て、茨城県つくば市に至る延長58kmの都市高速鉄道線である<sup>1)</sup>。本線の建設では、9現場においてシールド工法によるトンネル施工を行っており、その内6現場が外径10m級の大断面泥水式シールドである。この6区間の工事では掘進対象地盤が礫層を含む硬質地盤から軟弱粘性土地盤まで多岐にわたっていること、1Dを下回る低土被り施工や地下40m以深の大深度施工があることが大きな特徴である。本報では、6現場のシールド掘進に伴う地盤変位について述べる。

### 2. 工事概要

泥水式シールド6現場の概要を表-1に示す。なお、全工区の裏込め注入圧の管理は泥水圧+0.1～0.2MPaで設定し、裏込め注入率は130～150%で管理を行った。

表-1 各工区の工事条件

トンネル名	Aトンネル	Bトンネル	Cトンネル	Dトンネル	Eトンネル	Fトンネル
シールド外径 D(m)	10.2～10.6					
セグメント外径 (m)	10.0～10.4					
セグメント厚 (m)	0.4					
土被り H(m)	27.1～38.0	24.3～43.1	8.5～32.5	7.3～22.3	12.0～24.0	6.2～20.8
地下水位 GL(-m)	2.0～4.8	2.0～2.2	1.7～2.7	0.6～3.7	1.3～1.9	0.2～2.2
計測断面の主な土質	洪積砂質土（N値>50）		沖積粘性土（N値=0～7）			
計測断面数	2断面	1断面	2断面	1断面	3断面	2断面

### 3. シールド掘進に伴う地盤変位の結果と傾向

洪積砂質地盤3断面および沖積粘性地盤8断面の地表面における各変形種類の変形量を表-2に表す。これより、シールド通過中の変位量とテールボイドでの沈下量（テール通過時～通過1D後）を比較すると、各トンネルの計測断面の地盤変形状況は大きく次の2パターンに分類できる。（図-1参照）

- ・ 変位パターンA：主にテール通過後に沈下が発生する。
- ・ 変位パターンB：主にシールド通過中に沈下もしくは隆起が発生する（テール通過後の沈下増分は大きくない）。

変位パターンAはこれまで一般的にいわれている地盤変位の発生状況<sup>2)</sup>と同様で、硬質地盤のすべての計測断面、軟弱地盤で8断面中3断面であった。一方、変位パターンBはシールド通過中に相対的に大きい沈下（隆起）が発生したパターンで、軟弱地盤で8断面中5断面であった。硬質地盤を掘進したA、Bトンネルでは、地盤変位がシールド直上～地表面にかけて6mm以内であったが、沖積粘性土の軟弱地盤を掘進したC、D、E、Fトンネルでは地表面で3～30mm、シールド直上でも7～18mmと硬質地盤の場合と比べて最大5倍程度の大きさであった。

一方、後続沈下に関しては、硬質地盤でほとんど見られなかったが、軟弱地盤でFトンネルを除いて見られた。またC、Eトンネルの低土被り区間沈下結果は5～24mmとなった。

表-2 地表面における各変形種類の変位量 (mm)

地盤変形種類	切羽前沈下	通過中沈下 (隆起)	テールボイド沈下	後続沈下
洪積砂質土	0～1.8	0.1～0.5	0.3～0.8	0.3～0.9
沖積粘性土	0～2.9	0.2～3.2 (0.9～1.4)	0.1～4.7	1.5～24.0

キーワード：シールド，地盤変位，現場計測，軟弱地盤，低土被り，後続沈下

（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 東京支社（東京都港区芝公園2-11-1 TEL 03-5403-8747）

4. 地盤変位の比較について

すべての断面の計測結果を図2~4に示した項目で整理した。図-2はシールド直上の地表面沈下量と土被り比の関係を示したものである。硬質地盤では、土被りによらず地表面の沈下がほぼ同じであった。一方、軟弱地盤では、土被り比が1.5以下で、それが小さくなるにしたがい地表面沈下量が急激に増加することがわかった。

図-3に裏込め注入圧と地山応力の比と地表面沈下量の関係をした。硬質地盤ではこの比の大小に係わらず地表面沈下が5mm以下であった。しかし、軟弱地盤ではこの比が小さいほど、地表面沈下量が大きい傾向にあった。このことは、裏込め注入圧が不足し、地山応力を下回ると沈下を発生させる原因の1つになることを示している。ただし、この比が1より大きくても30mm程度の沈下している場合があったが、これは後続沈下が大きく発生したもので、裏込め注入圧、量の他に、シールドの姿勢、掘進速度、近傍の地盤改良などが影響したと思われる。特に、軟弱地盤では裏込め注入圧の大小の管理が重要であるとも言える。しかし、裏込め注入圧が大きい過ぎると地盤を乱すことにつながる場合もあり、後続沈下の増大の原因にもなる。

図-4は軟弱地盤で施工中に発生した沈下、隆起と地表面の後続沈下の関係を示したものである。シールド通過中に地盤を大きく乱すと、特に、隆起させた場合は後続沈下が大きく発生している。これより、シールド掘進中の管理は後続沈下に大きな影響することがわかった。

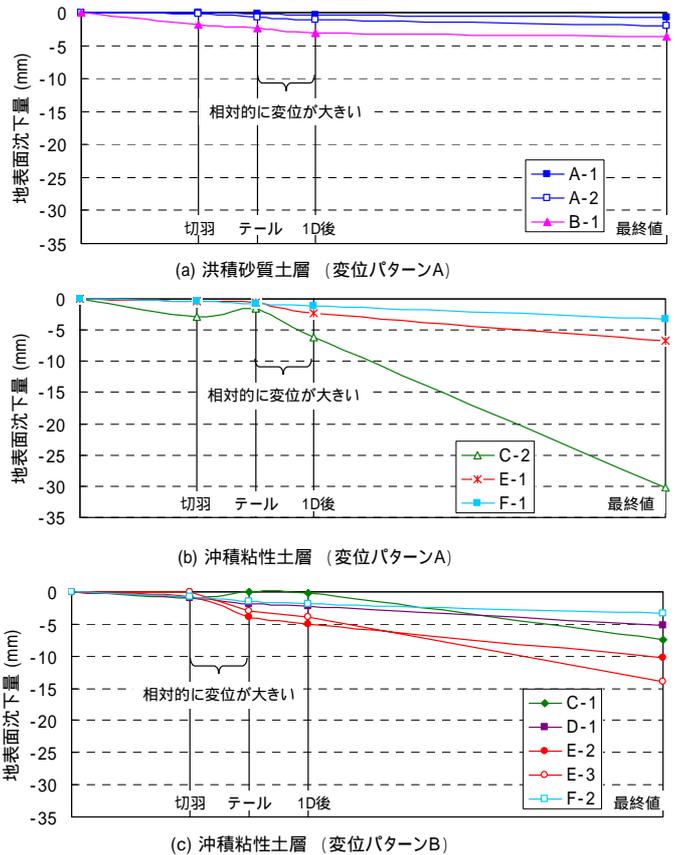


図-1 各計測断面の地表面沈下

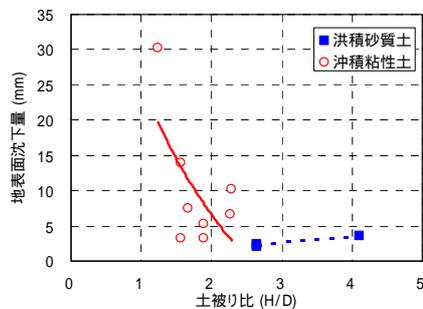


図-2 地表面沈下量とH/Dの関係

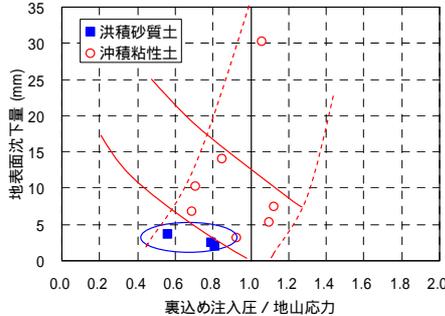


図-3 地表面沈下と地山応力の関係

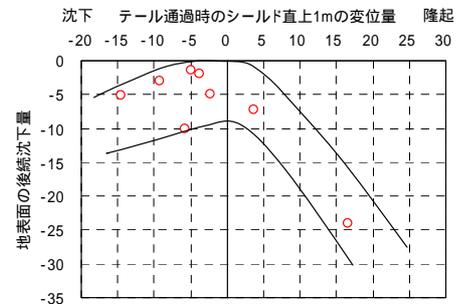


図-4 地表面の後続沈下量とテール通過時の変位量の関係

5. おわりに

本工事におけるシールド掘進に伴う地表面の最終沈下については、洪積砂質地盤が2~5mm、沖積粘性地盤が5~30mmである。地盤条件や10m級の大断面シールド施工において、地盤沈下が近年の他のシールドと比較しても特に大きいとは言えず、ほぼ妥当な結果であったと思われる。ただし、今後の課題としてさらなる地盤変位の抑制を考えると、主にシールド通過中の地盤変位が相対的に卓越すると思われる、これに対する対策・検討を進めていく必要があるものと思われる。

参考文献

- 1) 西野, 經堂, 嶋田, 久保: 1都3県を結ぶ通勤新線 - 常磐新線 秋葉原・つくば間 -, トンネルと地下, 288号 Vol.25 No.8, pp.17-21, 1994.8.
- 2) 土木学会: トンネル標準示方書「シールド工法編」・同解説, pp.198-199, 1997.