

関電工	(正)	○ 三角	久
東京電力	(正)	庄司	通
"		小林	和仁
関電工		味水	敏信

東京都世田谷区上用賀地区において、泥土圧掘進機による軟弱地盤の推進に当たり、事前にFEM地盤変状解析により沈下量の予測を行い、沈下に対して各種対策を講じ、加えて、推進施工時にトンネル周辺地盤の変状計測を実施し、リアルタイムに反映させることで、周辺地盤に悪影響を与えず施工を完了することができた。

2. 地質及び施工概要

推進部の地質は、発進から到達に至るまで、ほぼN値5～8の第四紀層洪積ローム層で、途中50m程度有機質土(層厚約6m)を挟む。一般に有機質土は、多量に含まれる有機物により、間隙比、含水比が非常に高く、土層として平面的、垂直的に著しい不均衡性を示す。また、透水性は、間隙率、含水量が多い割には小さいが、繊維質なものは比較的透水性がよく、圧縮に伴う間隙比と透水性の減少が顕著であるため、地下水の汲み上げは即、周辺地盤の沈下につながる事が知られている。

表-1 現場の土の物性値比較表

土の物性値	土の分類		現場の土質	
	黒 泥	黒 泥	黒 泥	黒 泥
単位体積重量 (tf/m ³)	1.29	1.28	1.29	1.28
自然含水比 (%)	145	123	145	123
強熱減量 (%)	17.3	7.6	17.3	7.6
圧縮指数	1.26	1.32	1.26	1.32

a. 工事仕様

施工延長 : $L=318.00\text{m}$
 推進土被り : $H=4.0\sim 5.8\text{m}$
 掘進機外径 : $\phi=1.82\text{m}$
 推進管内外径 : $\phi=1.50\text{m}, 1.80\text{m}$

事前に検討したFEM地盤変状解析結果から、地表面の最大沈下量が5.2mmと推定され、施工に伴う周辺地盤への影響が懸念された。そこで、推進時の沈下防止対策として、以下の項目を検討した。

経済性、必要工期、施工安全性等について総合比較検討を行った結果、最も優位である「泥土圧推進工法」を採用した。

有機質土層のN値が2以下と低く、推進施工時に周辺地盤の沈下が十分考えられるので、取り込み土量を97～98%になるように管理した。

有機質土層の脱水压密を進行させないために、滑材は防水性が高く地山の保持効果を持った可塑剤を使用し、推進管に止水性の高いシール材を使用することで地下水の侵入を恒久的に防止した。

本工事では、推進工事の実施に伴い、推進施工が地中を含めた周辺地盤に与える影響を実測し、リアルタイムで施工に反映させることにより、工事の安全管理、環境の保全を図ることを目的に、図-1に示す位置に計測機器を設置し、地盤の変状を経時的に計測した。

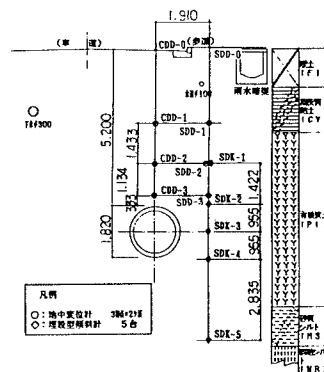


图-1 断面图

- ①. 地盤の鉛直変位を計測・・・・層別沈下計
- ②. 地盤の水平変位を計測・・・・多段式傾斜計
- ③. 地表面の鉛直変位を測定・・・・レベル測量

4. 結果・考察

1). 計測結果

a. 地盤鉛直変位

図-2に推進管直上ポイントの地盤鉛直変位の経時変化を示す。当該ポイントについては、測点を掘進機が通過する直前に1mmの先行隆起が計測された。その後の変位は、掘進機が測点を通過した直後から急激に即時沈下が発生し、それ以降は圧密沈下に起因すると考えられる後続沈下があり、最終沈下量は7.5mmを計測した。なお、地表面の変位は、推進施工期間を通じて通行車両等の問題から電気的な自動計測はできなかった。しかしながら、地表面の変位量は、図-2により小さいことが分かった。

b. 地盤水平変位

図-3に地盤水平変位の経時変化を示す。当該ポイントについては、測点を掘進機が通過する直前から掘進機外側への変位が計測され、掘進機通過と共に最大変位5mmを計測した。これは、掘進機の貫入に伴う一時的な押し出しと考えられる。その後変位はすぐに収束し、到達時には掘進機外側へ2mmの変位となった。

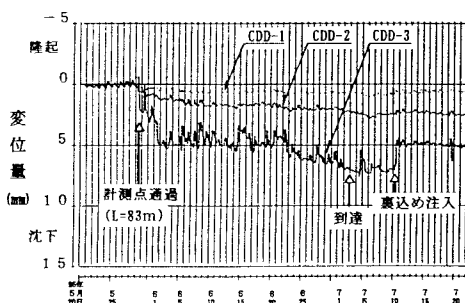


図-2 地盤鉛直変位経過グラフ（推進管直上）

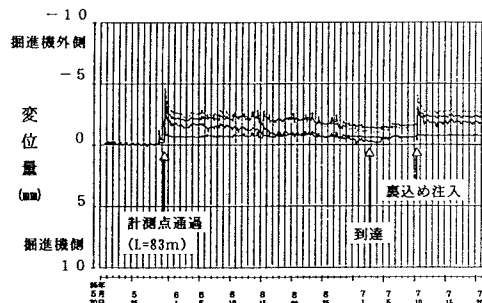


図-3 地盤水平変位経過グラフ

2). FEM事後解析

地盤変状の実計測値を追認するため、FEM事後解析を試みた。事後解析は、事前解析時既往工事の平均的な値として20%と仮定したトンネル掘削部分の応力解放率を15%、10%、8%、5%の4パターン設定して、事前解析同様の平面FEM解析を行った。計算条件と計算結果を表-2に示す。

事後解析の結果、応力開放率を下げるほど実計測値に近似する結果が得られた。これは、取り込み土量の管理やチャンパー内土圧の管理等から、初期応力の解放が少なかったこと、滑材がテールボイドに対する一次裏込めとして有効に作用したことが考えられる。

また、今回実計測値と事前解析値との間に大差があったが、上述のように推進施工中に地盤沈下対策として様々な角度から検討した諸対策が、有効に作用したために、減少したと考えられる。今回の事後解析結果をそく他工事に反映させることには、なお慎重な検討が必要であると思われる。今後は、数多くのデータを採取し、FEM解析の信頼性を高めたいと考える。

5. おわりに

本工事は、上戸賀変電所から電気を供給する新設管路工事の一部である。本計測を進めるに当たって、山本稔東京都立大学名誉教授に貴重なご意見をいただいております。ここに深く感謝の意を表します。

〔参考文献〕※1. 石井康夫・矢嶋壮吉：建設工事の地質診断と処方，土木工学社

表-2 FEM解析による地盤変状計算値

測点 No	接点番号	事前解析値 (mm)	実計測値 (mm)	事後解析値 (mm)			
				ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
CDD-1	74	6.24	0.60	1.56	2.50	3.12	4.68
CDD-2	128	8.02	1.35	2.01	3.21	4.01	6.02
CDD-3	504	12.38	5.00	3.10	4.95	6.19	9.29
SDD-1	86	4.90	0.70	1.23	1.96	2.45	3.68
SDD-2	140	4.77	1.05	1.19	1.91	2.38	3.58
SDD-3	183	3.88	0.35	0.97	1.55	1.94	2.92
緩み領域のEの低減率	—	低減無し	—	低減無し	低減無し	低減無し	低減無し
応力開放率	—	20%	—	5%	8%	10%	15%