

東京電力(株) 正会員 坂田 巨
西脇 芳文
山崎 剛

1. はじめに

東京電力(株)は東京都の住宅密集地域の公共道路下においてNATM工法により地中送電トンネルを設計、施工した。工事を実施するにあたっては、トンネル構造物の安定性および周辺地山に与える沈下等の影響に十分留意する必要があった。そのため構造物の安定性を確認するとともに合理的に支保材を選定するため各種の計測を行った。本報告は図-1に示す断面形状で延長630mに亘り施工した区間の計測のうち、地中内変位計および間隙永圧計の計測結果について述べたものである。

2. 地形および地質

地質縦断面図は図-2に示すとおりである。工事区間の地層構成は上位より表土、沖積粘性土、洪積砂礫武蔵野礫層、東京礫層および第3紀上総層群の固結シルト層となっている。トンネル土被りは1.3~1.7mであり、トンネル通過地山は固結シルト層となっており、この層の物性値は表-1、固結シルト層より上部地山の物性値は表-2に示すとおりである。固結シルト層は層内に介在砂層の分布が見られるが、概して均一性が高く、透水性の低いと考えられる地山である。地下水位はGL-1~3mであり、地下水位面は地表面にほぼ平行である。上部地山は部分的に腐植土の混入が見られ、地表面沈下が考えられた。

3. 計測計画と結果

(1) 計測計画

既実施区間の測定結果よりトンネル内空変位量に比較し、地表面沈下量が大きく出ており、このことから周辺地山挙動としては掘削に伴う応力解放の他に湧水による圧密沈下が考えられた。そのため固結シルト層上部地山に地中内変位計ワイヤ式変位計と間隙永圧計を設置した。この計測は延長630m区間で4点実施した。以下では図-2に示す計測ポイントにおける結果について報告する。この点における計器配置および地層構成は図-3に示すとおりである。地中内変位計は掘削時の地山変位を得ることを目的とし、トンネルインバート部より更にトンネル直径程度延長した点にも計器を設置した。初期値は地中内変位、間隙永圧とも掘削の影響を受けない時点の計測値とした。

(2) 計測結果

計測ポイントにおけるGL-21mを不動点として求めた地山変位量は図-4、間隙永圧および区間変位量の変化は図-5に示すとおりである。

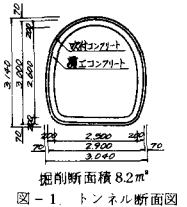


図-1. トンネル断面図

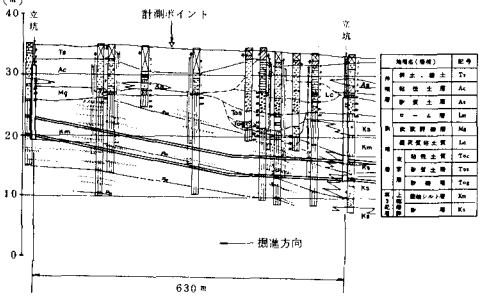


図-2 地質縦断面図

表-1 固結シルト層一覽表 (固結シルト層)

項目	単位	50以上
式 形 係 数	(kgf/cm²)	1.520 800~2.545
飽 和 圧 力	(kgf/cm²)	1.138 9.5~16.5
透 水 係 数	(cm/sec)	(2.6×10^{-8}) 0.86~4.76 10^{-8}
試 験 長 度	(m)	20~30
電 極 間 隔	(cm)	2.5
弾 性 係 数	(kgf/cm²)	1.850~1.910
比 重	(g/cm³)	2.65 2.65~2.71
粒 度 組 成	(%)	(31) 3~46 (47) 41~73 (22) 16~39 (32) 10.9~42.8
内 含 水 比	(%)	(1.88) 1.850~1.910
1 軸 圧 縮 試 験	(kgf/cm²)	(1.92) 12.6~24.3 (6.8) 0.7~1.2 (3.300) 1.700~4.800
2 軸 圧 縮 試 験	(kgf/cm²)	(2.7) 12~100~32~54 (1.8) 3.3~10.2
弾 性 係 数	(kgf/cm²)	A~B

表-2 沖積砂礫層一覽表 (固結シルト層より上部の層)

項目	単位	沖積砂礫層 (層厚 0.50以上)
式 形 係 数	(kgf/cm²)	(2.36) 2.20 (2.72) 2.71
飽 和 圧 力	(kgf/cm²)	(1.13) 0.6~0.7
透 水 係 数	(cm/sec)	(1.13) 0.6~0.7
試 験 長 度	(m)	(1.13) 0.6~0.7
電 極 間 隔	(cm)	(1.13) 0.6~0.7
弾 性 係 数	(kgf/cm²)	(1.13) 0.6~0.7
比 重	(g/cm³)	(1.13) 0.6~0.7
粒 度 組 成	(%)	(1.13) 0.6~0.7
内 含 水 比	(%)	(1.13) 0.6~0.7
1 軸 圧 縮 試 験	(kgf/cm²)	(1.13) 0.6~0.7
2 軸 圧 縮 試 験	(kgf/cm²)	(1.13) 0.6~0.7
弾 性 係 数	(kgf/cm²)	(1.13) 0.6~0.7

(注) () 内は平均値を示す。

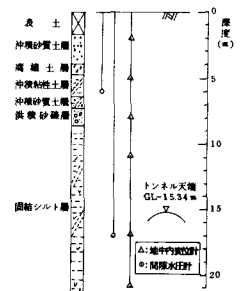


図-3. 計器配置図

①地山変位量および地山区間変形量

固結シルト層および洪積砂礫層部の変位は切羽通過の約10m手前より沈下を示し、切羽通過時に更に変位が増加し、切羽通過後10~20mで収束した。その変位量は固結シルト層部では0.3~0.6mm、洪積砂礫層部では1.0mm程度であった。沖積粘性土層部の変位は切羽通過の約100m手前より沈下傾向が見られ、切羽通過時に変位が増加し、切羽通過後10m程度で収束し、その変位量は1.4mmであった。また、沖積砂質土層部の変位は切羽通過の約300mより沈下を開始し、切羽通過時に変位が増大し、切羽通過後も変位は増加傾向を維持し、通過後約300mで収束した。その変位量は約9mmと下部層の沈下量に比較し、大きな沈下を示した。

固結シルト層の区間変形量は切羽通過直後に圧縮方向に0.1mm程度見られ、切羽通過後約10mで0.1mm程度に収束した。GL-5~-8m間の区間変形量は切羽通過までに圧縮方向に0.1mm程度見られるが、切羽通過後約100mで0.3mm程度に収束した。腐植土を含むGL-2~-5m間の区間変形量は切羽通過の約300m手前から圧縮方向に変形を示し、切羽到達後約300mで2.4mm程度に収束した。

②間隙水圧

固結シルト層中の間隙水圧は初期値では1%であり、切羽通過前約150mから減少し始め、切羽通過前約5mにおいて急激に低下し、0.5%程度となり、その後切羽通過後約150mで0.7%程度に収束した。沖積粘性土層中の間隙水圧は初期値は0.4%程度であり、切羽通過前約300mより減少し、切羽通過時には0.13%程度になり、切羽到達後0.08%程度に収束した。

(3) 考察

固結シルト層中の区間変形量は切羽通過前の間隙水圧低下の影響は殆んど受けず、切羽通過後若干増加した後、短時間で収束した。切羽通過後も変形が間隙水圧変化によってないことから、固結シルト層の変形は地山掘削に伴う応力解放によるものと考えられる。洪積砂礫層の区間変形量は切羽通過前は間隙水圧低下の影響は殆んど受けていないが、切羽通過後は影響を受け収束するまでにやや時間を要した。腐植土層を含むGL-2~-5m間の区間変形量はトンネル周囲の固結シルト層の変形量に比較し大きく、収束に時間を要し、間隙水圧との関連が見られたことから応力解放の他に圧密沈下によるものが含まれているものと考えられる。

4. おわりに

周辺地山に与える掘削の影響を地中内変位、間隙水圧の測定結果より検討したが、トンネル周辺地山の変位、変形量は応力解放による地山変位の他に間隙水圧変化に伴う圧密沈下等も含まれると考えることができることからこれらを総合的に考慮する必要があると思われる。

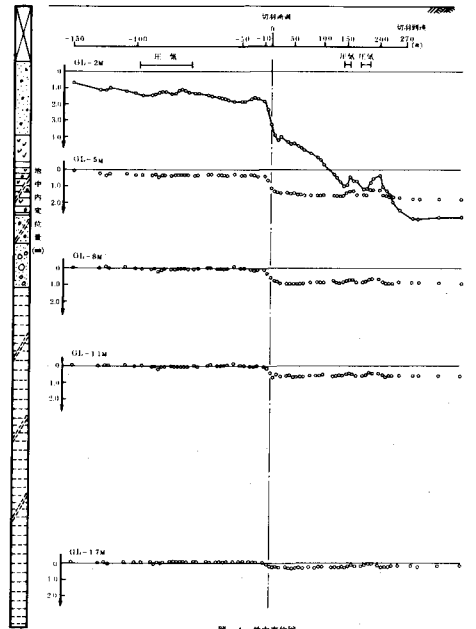


図-4 地中変位図

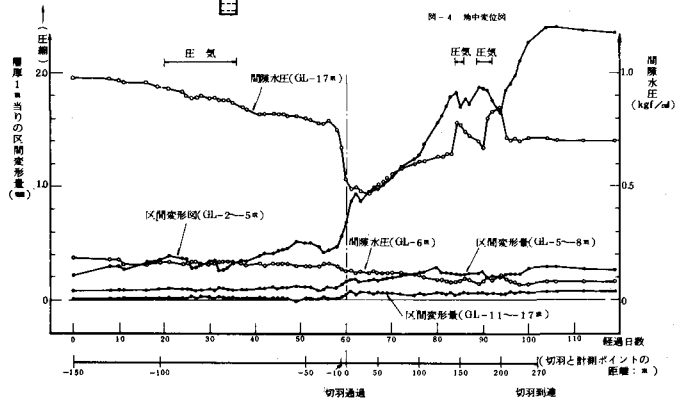


図-5 間隙水圧と区間変形量