

東京電力(株)送変電建設本部 正員 浦澤義彦
 同 上 正員 阿部憲哉
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 〇正員 岡田 進

1. まえがき : シールド掘削に伴う地表面沈下を誘発する諸原因のうち、応力解放による弾性沈下、シールド周辺の地盤のゆるみ(塑性変形)による沈下は、その発生を阻止することはできず、圧密沈下や裏込め注入の施工にもとづく沈下など地盤改良や施工法の選択である程度抑制できるものにくらべて重要な意味をもつ。

シールド掘削によって生じる地中および地表面沈下量は、掘削径、掘削深度、地盤の特性などに支配される。

以上の観点から、沈下量はシールド掘削後早い時期に生じる弾性変形量と塑性変形量からなるものと考え、弾性変形に関しては、東京およびその近郊の代表的な地盤を想定し、施工条件(掘削深度、掘削径)を種々に変えた場合の地盤について有限要素法を用いて解析を行なった。また、塑性変形に関しては、村山らの提案した実験式を用いた。その結果、この種の問題に関する地盤沈下の予測方法を得たので以下に報告する。

2. 地盤のモデル化と地盤定数 : 解析を行なった対象地盤は、横浜、東京下町、東京谷地と代表する地盤の他に、モデル地盤として一様粘土地盤を想定した。地盤断面の地質状態と計算に用いた地盤定数を図-1に示す。地盤のモデル化にあたっては、10mごとに同一地層とし、シールド部から下方に30m、側方に100mの位置に境界を設定した。また地盤定数については、土質試験にもとづいて決定することと基本とし、資料の不足している地層については土質柱状図やN値から推定した。

3. 解析結果 : シールド掘削深度、シールド天端の沈下、地表面の弾性沈下量とその影響範囲、ゆるみ沈下量とその影響範囲についての概念図を図-2に示す。掘削径については5.0mの他に4.0mでも行なったが、径の違いによる沈下量の影響を表わすにはデータが不十分である。そこで、以下に示す計算結果のうち弾性沈下量に関しては、掘削径の影響を無視した。

(1) 地表面の弾性沈下量とその影響範囲 (素掘り掘削の場合)

掘削によるシールド天端の変形をシールドの掘削深度 D (m)と掘削部の地盤の変形係数(最小値) E (kg/cm^2)との関係で示したのが図-3である。またシールド天端の変形量と地表面の最大沈下量 P_e (cm)との関係を示したのが図-4である。各々の図から得られた関係式からシールド天端の変形量を消去すると、地表面の最大沈下量は次式で表わされる。

$$P_e = 55.0 D^{0.22} / E^{0.88} \quad \text{----- (1)} \quad \text{式(1)における各パラメータの定数は、図-1}$$

に示す地盤条件のもとに得られたものであり、一般には地盤に応じて変化するものである。この式の持つ意味は、シールド掘削深度と掘削地盤の変形係数から地表面に生ずる最大沈下量が推定できることである。次にその影響範囲についてみると図-5に示されるように、地盤が軟弱で掘削深度が浅いほど弾性沈下の影響範囲が広くなるようである。

(2) 地表面のゆるみ沈下量とその影響範囲 (素掘り掘削の場合)

村山らの方法は、粒状土地盤を対象としたものであるが、ここでは粘性的な挙動を有する地盤に適用しており、沈下量の算定にあたっては、安全側の仮定(すべり面上に沿った領域は、境界面ゲキ比の状態にある)を設けたため過大見積りになっている。図-6に弾性沈下量とゆるみ沈下量との関係を示した。これよりゆるみ沈下量は弾性沈下量を若干上回っていることがわかる。またゆるみの影響範囲については、シールド天端の沈下に即応して地表面が沈下すると仮定しているため、掘削深度の関数として一義的に表わされる(図-7)。

(3) セグメントを設置した場合の地表面沈下量

(1), (2) と同様にして, セグメントを設置(テールクリアランス=5.0cm) した場合の地表面沈下量について示したのが図-8である。これは東京下町の地盤を対象としたものであるが, 計算ではセグメントの変形を無視し, シールド天端の沈下量がテールクリアランス量に相当すると仮定したため, 地表面の沈下量はほぼ掘削深度の角数として示される。

(4) 地盤中の沈下量 (素掘り掘削の場合)

図-9は, シールド掘削深度が30mの場合の地盤の沈下分布を各々の地盤で示したものである。図には, 有限要素法による計算値の他に村山らの実験式を用いて計算した値も示しており, 両者はよく対応していることがわかる。東京下町における深度15m以下における違いは前述したように, 実験式から求めた沈下量が安全側の仮定になっていることによるものである。

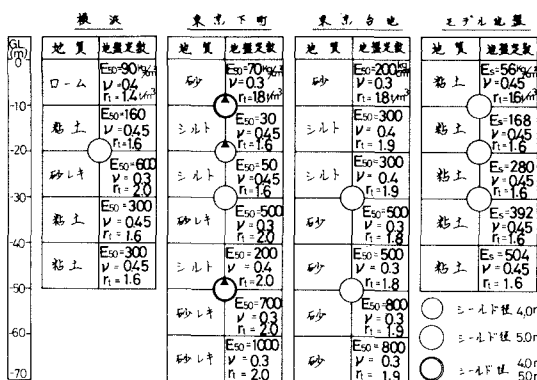


図-1 地盤断面の地質状態と計算に用いた地盤定数

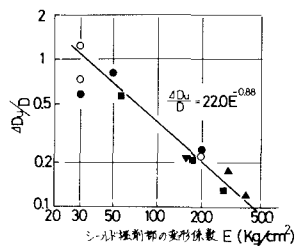


図-3 $4Du/D \sim E$

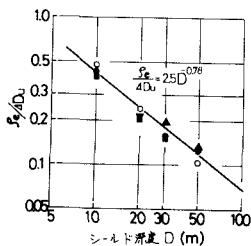


図-4 $Pe/4Du \sim D$

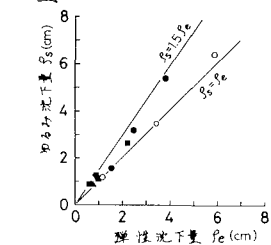


図-6 ゆるみ沈下量/弾性沈下量

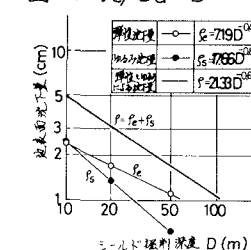


図-8 セグメント設置した場合

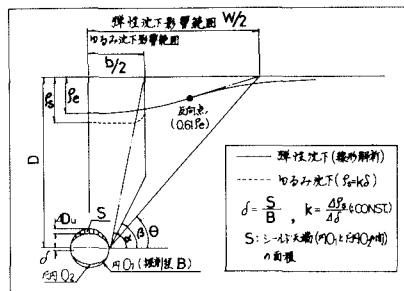


図-2 概念図

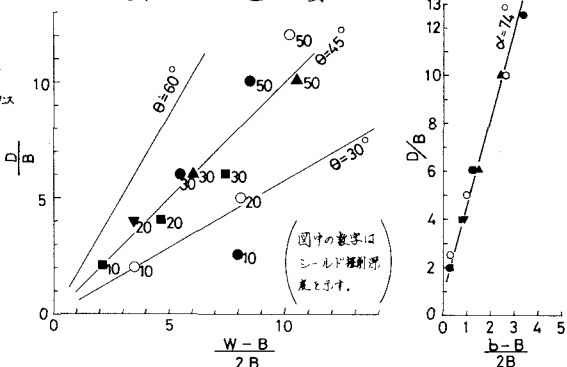


図-5 弾性沈下の影響範囲

図-7 ゆるみ沈下の影響範囲

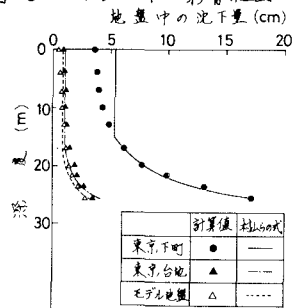


図-9 地盤の沈下分布



4. あとがき : 東京近郊地盤においてシールド掘削に伴う地盤沈下を有限要素法を用いて解析し, 様々な関係式を得た。しかしながら, 実際の地盤はさらに複雑な挙動を呈し, これと解析でシミュレートするためには, 土の非線形性等も考慮しなければならない。勿論, この種の問題に関する地盤沈下を予測するためには実測データの蓄積が必要であることはいうまでもない。

<参考文献> 村山, 松岡; "粒状土地盤の局部沈下現象について", 土木学会論文報告集, 172号