

大阪市交通局 正員 ○竹 山 喬

大阪市交通局 正員 葛 野 恒 夫

① はじめに

シールド施工による地表面の沈下挙動は、種々の要因が複雑に絡みあったものであるが、このうち土質条件と土被り等の幾何的条件が大きなウェイトを占めていると考えられるので、今回、地盤の弾性係数に着目して、掘削断面を平均変形係数で表現することによって、実験結果を整理検討したものである。

② シールド通過断面における土質特性の表現

単独シールドのF.E.M弾性計算では、一様な弾性地盤の弾性係数と最大沈下量との間に図-1のような反比例関係がみられ、幾何的にはシールド深さが直径分から3倍程度変化しても、沈下量には大きな差が認められないことがわかる。

弾性地盤が互層の場合には図-2にみられるように、 E_1 、 E_2 層の境界がシールド近傍にあるときに特異な挙動を示し、全面単層 E_1 に比べて、 $E_1 > E_2$ の場合には直上沈下量は小さく、 $E_1 < E_2$ では逆に大きく計算される。

これらを考慮して、シールド掘削する互層地盤の、沈下挙動を表わす指標として各層の変形係数を平均化したものを代表的なものとし、代表変形係数 $\bar{E}$ として $\bar{E} = 1/\epsilon \cdot \sum E_i H_i / H_i$ で表現するものとする。

ここに、 H_i はシールド深さで、掘削周辺の土質が反映されるようシールド底面までの深さとした。 $E_i H_i$ は H_i 範囲内における各層の平均変形係数および層厚、 ϵ は補正係数である。

このうち各層の E_i は、現地調査で通常 N 値と q_u が得られるので、大阪における地下鉄沿線のデータから、粘性土では $E = 105 q_u^{1/3}$ 、砂質土では $E = 5N + 70^{1/3}$ が適当な換算式であることを確認した。

ϵ は層境界がシールド近傍にある場合には特異な挙動を示すのでこれを補正する係数であるが、図-3にはシールド中心を境とした上、下地盤の変形係数比によって、最大沈下量が単層のものと比べてどの程度異なるかを表示しており、 $\epsilon = \delta'/\delta$ で示される。

図-4 シールド通過地盤の模式図

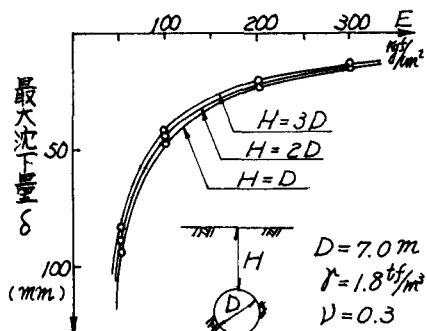
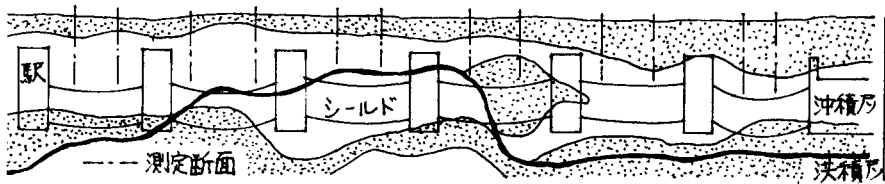


図-1 地盤の弾性係数と最大沈下量

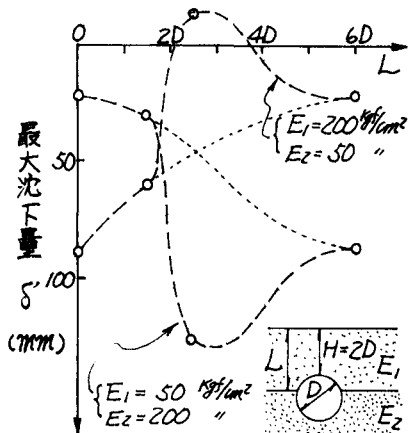


図-2 互層地盤の層厚と最大沈下量

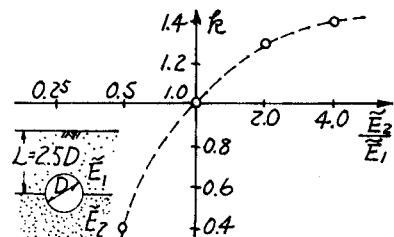
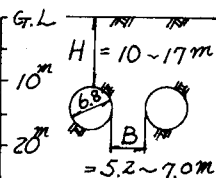


図-3 互層地盤とε値



この値を利用することにより、計算上は $\bar{\epsilon}$ を単層地盤へ読みかえることができるが、現実の地盤では掘削土の除荷による周辺地盤の回復ミズミは必ずしも弾性的挙動を示さず、また実測値との対応を考慮すると $\bar{\epsilon} \approx 1$ とするのが適当である。

③ 地表面沈下と変形係数の関係

大阪市地下鉄2号線北都延伸工事では図-4のように約5Kmに亘って、駅部以外はすべて単層シールド併設工法(外径6.8m)で施工したので、以下、各種地盤をそれぞれ掘進した時のデータを整理し考察を加える。

各断面の地表面沈下状況は図-5に示すとおりであるが、最大沈下量は、地盤Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの順に大きくなっている。影響範囲は地盤層別には大きな差がなく、従って凹形状は相似形にならずに沖積層の軟弱地盤ほど深い谷形となり、併設シールド外側で急勾配をとっているものが多い。

このように沈下に影響を及ぼす要因として地盤条件が大きな要素であることは明らかであり、各地盤を前記の代表変形係数で表現し、各現象間の関連をつけると次のようなことが云える。

まず最大沈下量 δ との関係では、 δ は $\bar{\epsilon} = 100 \text{ kg/cm}^2$ 以上の地盤になると計算値より小さく、それ以下の軟質地盤では急激に大きくなる傾向を示す。F.E.M弾性計算によると δ は $\bar{\epsilon}$ に反比例するが、実測値の δ は $\bar{\epsilon}^2$ に反比例するようにみえる。(図-6)

その原因としては、硬質地盤では砂のアーチ作用、軟質地盤では塑性流動化による切羽からの呼び込みやテールボイドへの流動によるものが大きいと考えられ、弾性変形以外の要因がよく読みとれる。

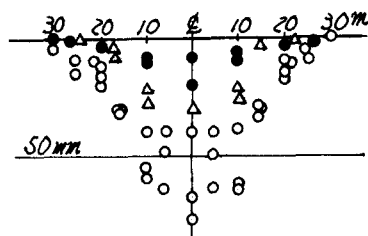
次に地表面勾配との関係は図-7のようになる。実測値は断面の左右に生ずる最大勾配の平均値であり、F.E.M弾性計算と同じく反比例的な傾向にあるが、その絶対量は軟質地盤ほど計算値を上回るものが多く、ここでも塑性化現象が生じていることを示していると考えられる。

沈下影響範囲との関係は、図-8のようにバラツキは大きいけれども、ほぼ50~70mの範囲に入っており、F.E.M計算と同様に地盤の硬さには左右されず、むしろシールド深さの要因の方が強いと思われる。

以上のように地盤の特性を代表変形係数で表現することによって、各現象を定量的に把握することが容易となった。今後さらにデータを積み重ね、これらの相関を相強することにより予測の手段として利用していく所存である。

参考文献

- 1) 工質学会編: 工質調査試験結果の解釈と適用例 第1回改訂版 PP. 55 1979
- 2) 大阪市交通局: 第2号線都島~守口間建設工事記録 PP. 307~355 1979



Ⅰ. 洪積層内を通過 ●印
Ⅱ. 沖・洪積層境界を通過 △印
Ⅲ. 沖積層内を通過 ○印

図-5 各地点の地表面沈下状況

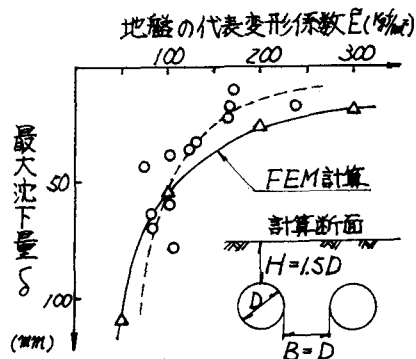


図-6 地盤の $\bar{\epsilon}$ と最大沈下量

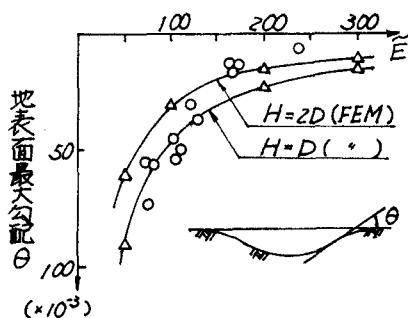


図-7 地盤の $\bar{\epsilon}$ と地表面勾配

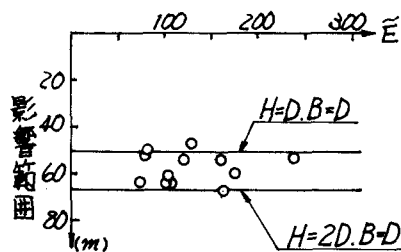


図-8 地盤の $\bar{\epsilon}$ と影響範囲