

現場透水試験の平衡水位の推定方法について

伸光エンジニアリング株式会社 ○井元 辰哉, 中村 智則

1. はじめに

地盤調査の方法と解説では、現場透水試験(単孔を利用した透水試験方法)の平衡水位について、「試験実施後に平衡水位を測定する場合、試験による孔内の水位変化がなくなったと判断できるとき、あるいは1日程度経過した時点平衡水位とする。」¹⁾とされている。

平衡水位は試験結果を整理する際に基準となる水位であり、正確に測定する必要があるが、現場工程上、どうしても翌朝水位が測定できない場合、あるいは透水係数の概略値を速報として提出する場合など、平衡水位を推定する必要がある。

本発表では、現場透水試験の測定結果から平衡水位を推定する方法について検討を試みた。

2. 試験概要

現場透水試験を行った地点の概略の地層断面を図-1に示す。今回の調査では、2箇所にてボーリング調査を実施して、各地点ごとにAs、Ds1、Ds2層の3層で現場透水試験を行った。

現場透水試験は、試験孔からベラーを用いて水をくみ上げた後の孔内水位の回復過程をロブ式水位計で手動測定した(非定常法・回復法)。孔内水位の測定間隔は、0、15、30、45秒、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、25、30分で計測を行った。

測定結果より、調査地点の透水係数および平衡水位(翌朝水位)は表-1に示すとおりである。

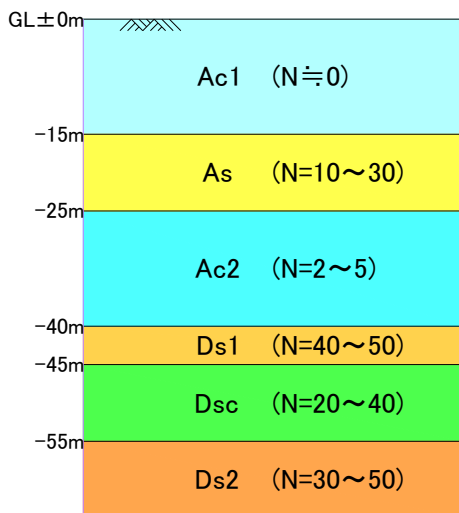


図-1 地層断面(概略)

表-1 現場透水試験結果

| 測定番号 | 測定深度 (GL- m) | 土質名 | 地層 | 試験開始水位 h_0 (GL- m) | 平衡水位 h (GL- m) | 透水係数 k (m/s) |
|------|--------------|----------|-----|----------------------|------------------|----------------|
| 1-1 | 22.0~22.5 | 細砂 | As | 4.48 | 2.98 | 3.25E-05 |
| 1-2 | 42.5~43.0 | シルト混じり細砂 | Ds1 | 6.71 | 3.29 | 2.09E-05 |
| 1-3 | 57.5~58.0 | シルト混じり細砂 | Ds2 | 10.84 | 3.26 | 7.99E-06 |
| 2-1 | 23.5~24.0 | 細砂 | As | 7.32 | 2.69 | 2.21E-06 |
| 2-2 | 44.5~45.0 | シルト混じり細砂 | Ds1 | 5.03 | 3.09 | 1.35E-05 |
| 2-3 | 57.5~58.0 | シルト混じり細砂 | Ds2 | 8.57 | 2.93 | 1.53E-05 |

3. 平衡水位の推定方法

盛土の沈下予測手法を参考²⁾に双曲線法および浅岡の方法(Δt 法)を用いて、平衡水位の推定を行った。推定方法を以下に示す。

(1) 双曲線法

- くみ上げ後の1回目の計測を起点($t=0$)として、 $t/(h_t - h_0)$ を計算する。(図-2)
- t と $t/(h_t - h_0)$ の関係をプロットし、直線式の係数 α 、 β を決定する。
- 式-1、式-2を用いて水位を推定する。

$$h_f = h_0 + 1/\beta \dots\dots\dots \text{式-1}$$

$$h_t = h_0 + t/(\alpha + \beta \cdot t) \dots\dots\dots \text{式-2}$$

ここで、 h_f : 双曲線法より求める平衡水位(m)、 h_t : 時間 t における水位(m)、 h_0 : 試験開始時の水位(m)、 t : 経過時間(s)、 α 、 β : 係数

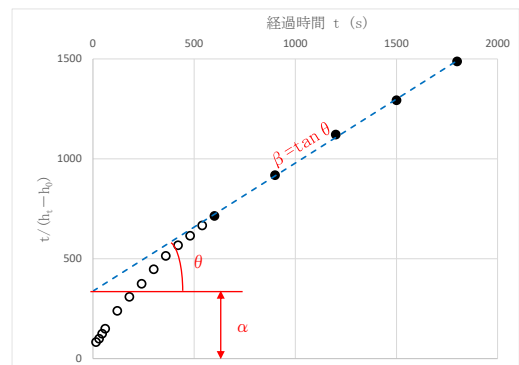


図-2 双曲線法によるデータ整理方法

(2) 浅岡の方法(Δt 法)

- 一定の時間間隔(Δt)で測定したデータを抽出し、水位差 $s (=h_t - h_0)$ を計算する。
- Y軸に $t=i$ の時の水位差 s_i 、X軸に $t=i-1$ の時の水位差 s_{i-1} をプロットし、係数 α 、 β を決定する。(図-3)
- 式-3を用いて平衡水位を推定する。

$$h_f = h_0 + \alpha / (1 - \beta) \dots\dots\dots \text{式-3}$$

ここで、 h_f : 浅岡法より求める平衡水位(m)、 h_0 : 試験開始時の水位(m)、 α 、 β : 係数

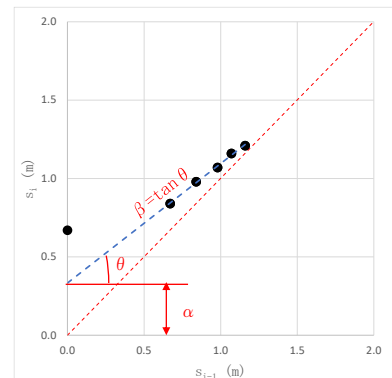


図-3 Δt 法によるデータ整理方法

4. 検討結果

現場透水試験で測定した翌朝水位と平衡水位の推定値を比較した。浅岡法(Δt 法)は $\Delta t=60s$ と $\Delta t=300s$ のふたつのケースについて整理した。結果は図-4、表-2のとおりである。

双曲線法、浅岡法(Δt 法)ともに、ある程度の誤差で平衡水位を推定することができた。双曲線法は翌朝水位より平衡水位を高く推定する傾向にあった。一方で浅岡法(Δt 法)は平衡水位を低く推定する傾向にあった。

この結果のうち、“2-1”については実測値と推定値の間に大きな差がある結果となった。これは図-5に示すように、初期の水位回復が極めて遅いことから、ボーリング孔内の洗浄が十分ではなかったことなどが原因ではないかと推察される。

“2-1”を除いた平衡水位の推定値のばらつきについて、翌朝水位に対する偏差($h-h_f$)の分散 $\sigma^2(=\sum(h-h_f)^2/n)$ と標準偏差 $\sigma(=\sqrt{\sigma^2})$ を求めて比較した。(表-3)

双曲線法、浅岡法(Δt 法)の標準偏差 σ には、そこまで大きな差異はみられなかった。

浅岡法(Δt 法)の $\Delta t=60s$ と $\Delta t=300s$ のケースを比較した場合、 $\Delta t=300s$ のほうがわずかに σ が小さい値を示している。ただし、測定間隔の関係から $\Delta t=60s$ は1~10分、 $\Delta t=300s$ は5~30分の範囲をプロットしているため、

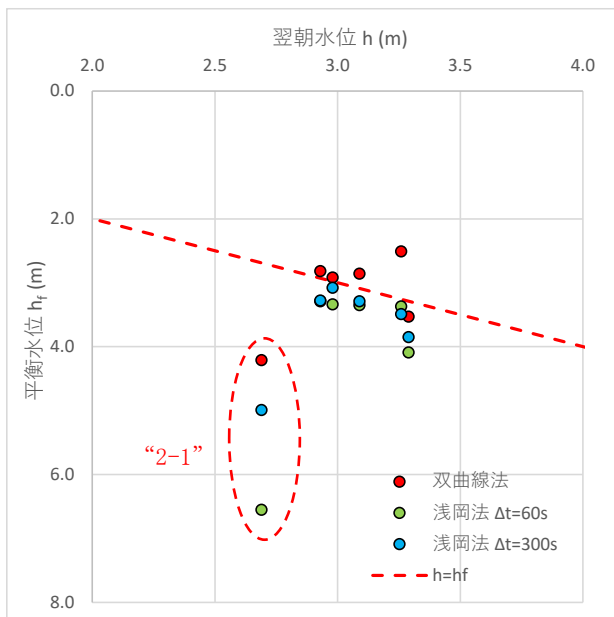


図-4 平衡水位の実測値と推定値の比較

表-2 比較結果一覧表

| 測定番号 | 測定深度 (GL- m) | 翌朝水位 h (GL- m) | 双曲線法 | | | 浅岡法 $\Delta t=60s$ | | | 浅岡法 $\Delta t=300s$ | | |
|------|--------------|----------------|--------------------|-------------|-------|--------------------|-------------|--------|---------------------|-------------|-------|
| | | | 平衡水位 h_f (GL- m) | 水位差 $h-h_f$ | | 平衡水位 h_f (GL- m) | 水位差 $h-h_f$ | | 平衡水位 h_f (GL- m) | 水位差 $h-h_f$ | |
| | | | | (m) | (%) | | (m) | (%) | | (m) | (%) |
| 1-1 | 22.0~22.5 | 2.98 | 2.92 | 0.06 | 2.0 | 3.34 | -0.36 | -12.1 | 3.08 | -0.10 | -3.4 |
| 1-2 | 42.5~43.0 | 3.29 | 3.53 | -0.24 | -7.3 | 4.09 | -0.80 | -24.3 | 3.85 | -0.56 | -17.0 |
| 1-3 | 57.5~58.0 | 3.26 | 2.51 | 0.75 | 23.0 | 3.37 | -0.11 | -3.4 | 3.49 | -0.23 | -7.1 |
| 2-1 | 23.5~24.0 | 2.69 | 4.20 | -1.51 | -56.1 | 6.56 | -3.87 | -143.9 | 4.99 | -2.30 | -85.5 |
| 2-2 | 44.5~45.0 | 3.09 | 2.86 | 0.23 | 7.4 | 3.35 | -0.26 | -8.4 | 3.29 | -0.20 | -6.5 |
| 2-3 | 57.5~58.0 | 2.93 | 2.82 | 0.11 | 3.8 | 3.29 | -0.36 | -12.3 | 3.28 | -0.35 | -11.9 |

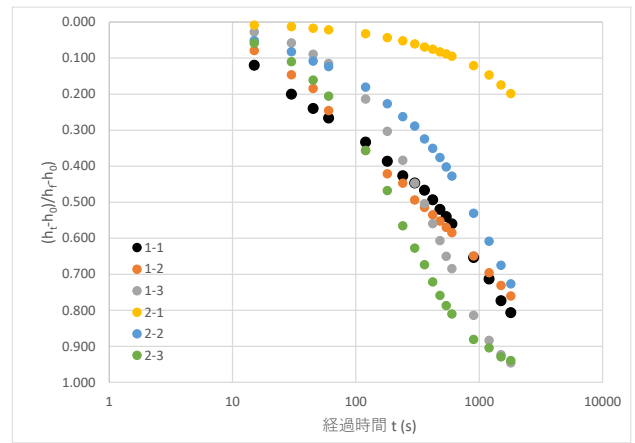


図-5 水位変位と経過時間の関係

表-3 推定値のばらつき

| 平衡水位推定方法 | 翌朝水位との水位差 $h-h_f$ | | | | | 翌朝水位との誤差 | |
|---------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|
| | 1-1 | 1-2 | 1-3 | 2-2 | 2-3 | 分散 σ^2 | 標準偏差 σ |
| 双曲線法 | 0.06 | -0.24 | 0.75 | 0.23 | 0.11 | 0.14 | 0.37 |
| 浅岡法 $\Delta t=60s$ | -0.36 | -0.80 | -0.11 | -0.26 | -0.36 | 0.20 | 0.44 |
| 浅岡法 $\Delta t=300s$ | -0.10 | -0.56 | -0.23 | -0.20 | -0.35 | 0.11 | 0.33 |

一概に優劣を決められない。圧力式水位計などを用いて連続した記録を取り、同じデータ範囲で比較してみることが今後の課題として挙げられる。

5. まとめ

現場透水試験(単孔を利用した透水試験方法)の平衡水位について推定を試みた結果、双曲線法および浅岡法(Δt 法)ともに、ある程度の予測が可能であることが確認された。ただし、基本的に平衡水位は正確に測定する必要がある事は言うまでもない。

測定した翌朝水位と推定した平衡水位に差異が生じていた場合、1時間程度の時間をおいてから水位変化を測定して平衡状態にあるか確認する。あるいは、再度、水をくみ上げて初期の水位変化を確認するなどデータを見直すことも重要である。

今回の“2-1”のケースのように初期の水位回復が遅い場合があるため、水位変位と時間経過の関係をグラフに示して確認し、測定時間を長く取ることで推定精度はさらに上がるものと考えられる。

《引用・参考文献》

- 公益社団法人地盤工学会(2013)：地盤調査の方法と解説, p. 521
- 松尾稔, 柴田徹(1979)：建設技術者のための現場計測工法, p. 44-47, 日刊工業新聞社