

揚水を伴う開削工周辺の地盤沈下量簡易算定法に関する考察

ハザマ 正会員 江口正勝，今井 久
国土交通省 正会員 吉本靖俊，樋口 晃

1. はじめに

沈埋トンネル陸上トンネル部の開削工事に際し、掘削底部に存在する被圧帯水層に対する底盤の安定の対策工検討や開削部周辺への地下水位低下、地盤沈下対策の検討が必要となった。著者らは各種対策工の比較検討の迅速化のため地下水解析を実施し、解析データをそのまま表計算ソフトに取り込み簡易に3次元地質構造を反映させた地盤沈下量を算定するシステムを構築し対策工の検討・評価に適用した。本報告は当システムの概要を示すとともにシステムによる沈下量算定結果と実測値を対比し、簡易沈下量推定について考察する。

2. 地盤沈下量簡易算定システム

対策工の検討に際しては、ディープウェル設置、地盤改良など地下水流動への各種対策オプションの比較検討を実施するために市販の地下水解析ソフト（Visual MODFLOW）を用いて3次元地下水流動モデルを作成、地下水解析を実施する。沈下量の算定は掘削前と対策工を盛り込み掘削・揚水時の水位差から地下水モデル各要素の有効圧力増分を算定し、差分格子の鉛直に連なる各鉛直中での各要素での沈下量（ S_i ：各要素の沈下量）を足し合わせて表面沈下量（ S ）を式(1)のように算定する。

$$S = \sum_i S_i = \sum_i m_{vi} \cdot H_i \cdot dp_i \quad (1)$$

ここで、 m_{vi} ：要素の体積圧縮係数、 H_i ：要素の層厚、 dp_i ：要素の有効圧力増分である。

上記各要素の沈下量算定、鉛直方向の沈下量合計を表計算ソフト（Microsoft EXCEL）で実施する。各要素の体積圧縮係数は地下水解析と同様な区分設定で評価し、そのパラメータは表計算ソフト上で設定する。本システムの計算ロジックの妥当性は簡易な不均質モデルを対象に確認¹⁾している。

3. サイトへの沈下量算定の適用

(1) 適用サイトの概要

図-1に対象サイトの平面、地質断面図を示す。現地は海岸に隣接し、地質は下位から基盤岩（Icg）、砂礫層・基盤風化部（W-Icg, Dsg）、粘土層（Ac）、細砂層（As1, As2）、埋土（B）からなる。粘土層下部が被圧帯水層で潮位よりも高い水位で潮位変動²⁾を示している。表-1に各地質区分の地下水解析、沈下量算定に使用するパラメータを示す。

(2) 沈下量算定結果

図-2に地盤沈下量簡易算定システム

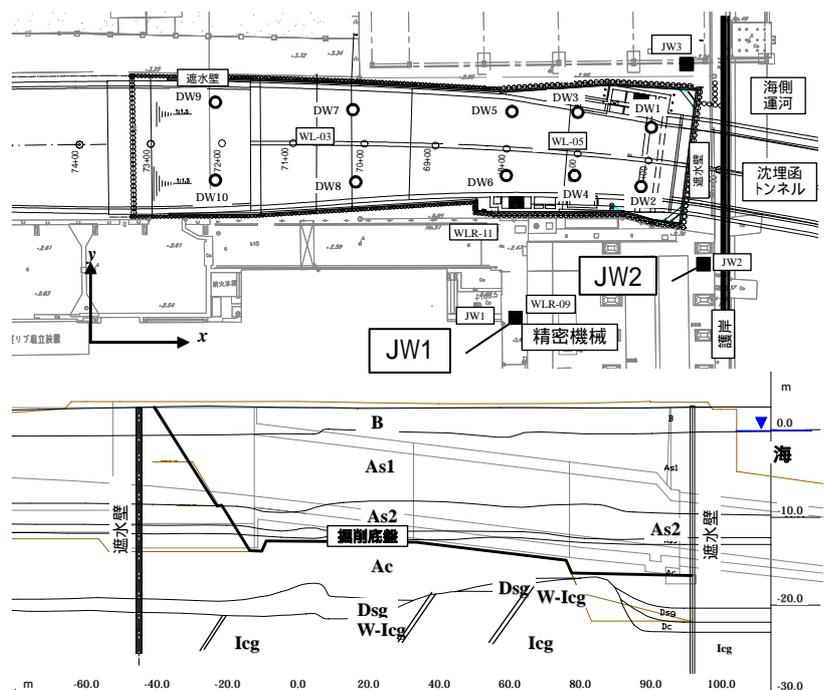


図-1 対象サイトの平面図，地質構造

キーワード：地下水位，地盤沈下，ディープウェル，被圧帯水層

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市苅間 515-1、TEL029-858-8813、FAX029-858-8819

の算定結果の一例（このケースでは粘土層の体積圧縮係数 $m_v=2.0 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{kN}$ ，他は表-1 に示す変形係数の逆数を適用）として，開削部底盤に地盤改良し，10本の井戸にて被圧層から揚水，開削部周辺に17本の注水を実施した際の地表面沈下量コンタを示す。

図中JW1,JW2 は層別沈下計の設置位置を示している．図-3 には層別沈下計JW1,JW2 での実測値（meas）と算定結果（cal）を合わせて示す．沈下量は下位から 粘土層中央（Ac）， 砂下層（As2）中央， 砂上層（As1）中央， 地表面の4 深度で測定している．算定パラメータは表-1 の値を適用している．当初，体積圧縮係数 m_v は圧密試験結果より $2.0 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{kN}$ としていたが，沈下量算定値が実測の2 倍程度であったため m_v を1/2 として $1.0 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{kN}$ を適用した．

JW1 では，粘土層の沈下が最も大きく，砂層の沈下は小さく地表面沈下量の砂上層沈下量はほとんど一致している．算定結果と実測値は類似した変化傾向を示している．JW2 では JW1 に比較し沈下量が大きく，また地表面の沈下量が大きくなり表層の沈下の寄与が大きい．表層部には揚水に伴う水位低下の影響は小さいことから他の要因による沈下が生じていると考えられる．粘土層，砂下層，砂上層に関しては実測（meas）と算定結果（cal）は同じような沈下傾向を示している．

図-4 は，地下解析における JW1 での粘土層該当要素の水収支から算定した沈下量と実測沈下量を対比して示す．該当要素のからの水量収支の水量減 = 体積減とし，層厚減（沈下量）= 体積減 / 要素面積として算定した結果である．始めの50 日までは実測とよく合っているが，50 日以降は実測の沈下量が算定値よりも大きくなっている．

4．おわりに

地下水解析データを利用した沈下量算定システムを構築しその適用性を実測値と比較して確認した．これまでのデータから本算定システムがある程度実際の沈下量算定に活用できる見通しが得られた．

【参考文献】

- 1) Imai H., Eguchi M., Wakayama Y., Yonezawa A. : Simple settlement evaluation system based on the three-dimensional groundwater flow simulation and applied results, International Conference on Finite Element Models, MODFLOW, and More: Solving Groundwater Problems, pp.369-372, 2004.
- 2) 今井 久, 江口正勝, 米澤 朗, 日吉 智 : 海岸付近の潮汐応答・地下水位分布に関する一考察, 土木学会第 59 回年次学術講演会, pp.637-638, 2004.

表-1 地質区分とパラメータ

物性区分番号	土質	記号	透水係数 (m/s)	水中密度 (g/cm ³)	N値	変形係数 (kN/m ²)	m_v (m ² /kN)
1	埋め土	B	1.0E-05	1.0	35	1.0E+04	-
2	細砂上層	As1	7.0E-06	0.9	22	1.1E+04	-
3	細砂下層	As23	4.0E-06	0.9	10	1.1E+04	-
4	沖積粘土層	Ac	1.0E-09	0.6	6	6.0E+03	1.0E-04
5	砂礫層	Dsg	1.0E-05	1.0	28	1.1E+04	-
6	風化基盤礫岩	W-Icg	5.0E-05	1.5	50	9.0E+04	-
7	基盤礫岩	Icg	5.5E-06	1.5	50	2.5E+06	-
8	遮水壁	RW	1.0E-10	2.0	50	2.5E+06	-
9	破碎帯	DZ	5.5E-06	1.2	50	9.0E+04	-
10	洪積粘土層	Dc	1.0E-09	0.7	28	1.1E+04	-
13	底盤改良部	Imp	5.0E-07	1.0	50	1.1E+04	-

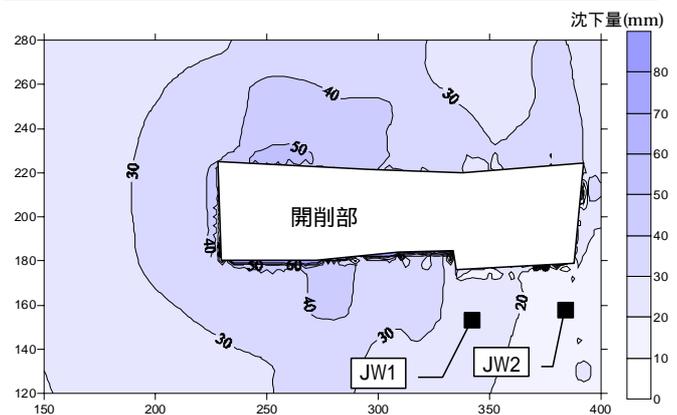


図-2 地表面での沈下量分布

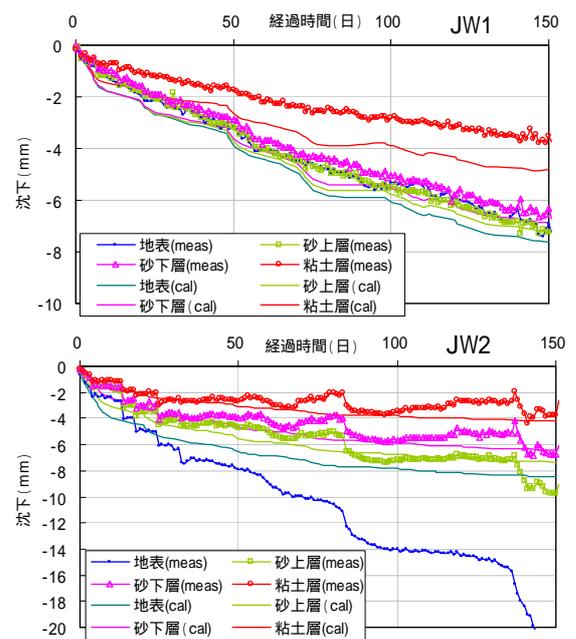


図-3 沈下量の実測値とシステム算定値

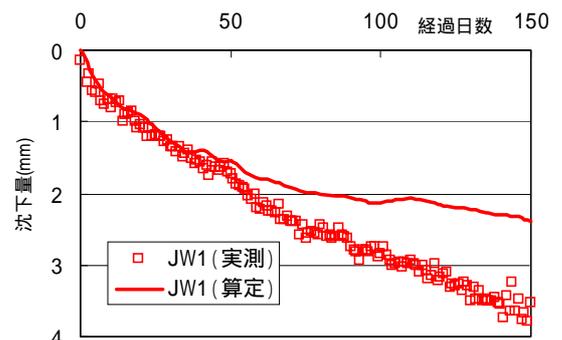


図-4 粘土層の水収支から算定した沈下量