

## うめきた粘土層の地下水位変動による繰返し圧密挙動を考慮した沈下量予測

大阪市立大学大学院

○正 大島昭彦 学 末吉拳一

同上

学 小坂慎一

基礎地盤コンサルタンツ(株)

正 久保田耕司

笹尾憲一

## 1. まえがき

JR 大阪駅北側の貨物駅跡地である「うめきた2期地区」で、帯水層を低価格・大容量の蓄熱槽として活用するために、揚水・注水を可能とする熱源井の構築の実証実験を行っている。ただし、揚水・注水によって帯水層の地下水位が変動するため、地盤沈下リスクの回避が必要である。そこで、うめきた2期地区で深度110mまで実施したパイロットボーリング<sup>1),2)</sup>時に、沖積粘土(Ma13)層、洪積粘土(Ma12, Ma11, Ma10)層の乱れの少ない試料を連続サンプリングし、想定される地下水位変動を与えた繰返し圧密試験を行い、その繰返し圧密挙動を調べた<sup>3)</sup>。

本稿では、地下水位変動による繰返し圧密挙動を考慮してうめきた粘土層の沈下量を予測した結果を報告する。

## 2. 繰返し圧密挙動を考慮した沈下量の算定方法

うめきたの地層順は上から、沖積砂(As)層、沖積粘土(Ma13)層、第1洪積砂礫(Dg1)層、洪積粘土(Ma12)層、第2洪積砂礫(Dg2)層、Ma11層、第3洪積砂礫(Dg3)層、Ma10層である。別報<sup>4)</sup>で、段階載荷圧密試験から得られた各粘土層の圧縮曲線を直接用いて、各粘土層の上・下面の帯水層の地下水位低下による沈下量の予測を示した。ただし、これは所定の地下水位低下量を持続した場合のもので、いわゆる静的な沈下量であり、揚水・注水の地下水位変動による繰返し圧密挙動を考慮していない。そこで、所定の地下水位変動量 $\Delta WL$ を変えた繰返し圧密試験をMa13, Ma12層では2深度、Ma11, Ma10層では1深度(各粘土層ともに8供試体)で実施した<sup>3)</sup>。この結果を用いて、以下の方法で繰返し圧密挙動を考慮した沈下量予測を行った。

図-1に代表例としてMa12層の算定方法(地下水位低下時)を示す。①図-1(1)に示すように、別報<sup>4)</sup>と同じく段階載荷圧密試験の深度が中央になるように $n$ 個の層に分割する。②粘土層の上・下面の帯水層(Ma12層ではDg1層, Dg2層)の地下水位低下後の有効応力分布(図の $\Delta$ ,  $\nabla$ の線)と現状の有効土被り圧 $p_0$ から分割層中央の有効応力増加 $\Delta p$ を求める。③図-1(2)に示す繰返し圧密試験の地下水位低下量(2.5~20m)による有効応力増加(24.5~196kN/m<sup>2</sup>)とひずみ $\varepsilon$ の関係から、先の $\Delta p$ に対する繰返し回数1~100回におけるひずみ $\varepsilon_i$ を求める(Ma12層では上層と下層で繰返し圧密試験を実施)。④各分割層の沈下量 $\Delta S_i = \Delta H_i \times \varepsilon_i$ から、粘土層全体の沈下量 $S_f = \sum S_i$ を求めた。なお、地下水位上昇時も同様に求めた。

一方、Ma11, Ma10層はMa12層と同様に求められるが、Ma13層は図-2(1)に示すように、圧密降伏応力 $p_c$ が上下で大きく、中央で小さくなったので、 $(p_c - p_0)$ の幅から粘土層を深度9.0m, 15.1mで3分割し、補正 $p_c$ (図の○の線)を設定した。中層( $p_c - p_0 = 40\text{kN/m}^2$ )では図-2(2)に示す繰返し圧密試験の地下水位低下量(1~8m)による有効応力増加(9.8~78.5kN/m<sup>2</sup>)とひずみ $\varepsilon$ の関係から、先の方法と同様に沈下量を求められるが、上層、下層の $(p_c - p_0)$ はそれぞれ120, 150 kN/m<sup>2</sup>と過圧密性が高いため、繰返し圧密試験の結果を直接適用できない。そこで、

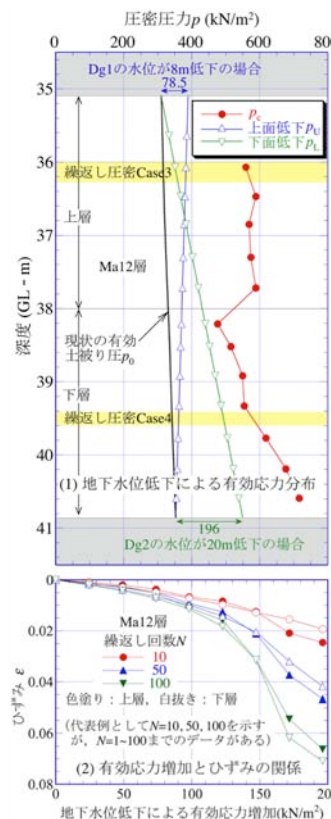


図-1 Ma12層の算定方法

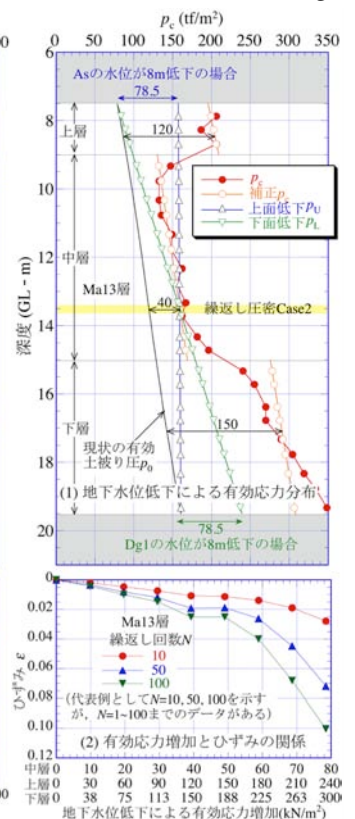


図-2 Ma13層の算定方法

Key Words: 帯水層, 地下水位低下, 沈下量, 沖積粘土, 洪積粘土, 繰返し圧密

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

過圧密域と正規圧密域の挙動が中層と相似となると仮定し、上層、下層の( $p_c - p_0$ )が中層の3, 3.75倍となることから、上層、下層の有効応力増加をそれぞれ29.4~236kN/m<sup>2</sup>, 36.8~294kN/m<sup>2</sup>に設定して同様に求めた。

### 3. 地下水位変動による繰返し圧密挙動を考慮した沈下量

図-3(1a)~(4a)に各帯水層の地下水位変動による繰返し圧密挙動を考慮した沈下量を、図-3(1b)~(4b)に静的な地下水位低下による沈下量<sup>4)</sup>との比較を示す。

図(1a), (1b)のAs層では、 $\Delta WL = \pm 2m$ までは繰返しと静的の沈下量は大差ないが、 $\pm 3m$ 以上となると、繰返しの沈下量は大きくなる。図(2a), (2b)のDg1層では、 $\Delta WL = \pm 3m$ までは繰返しと静的の沈下量は大差ないが、 $\pm 4m$ 以上となると繰返しの沈下量は大きくなる。図(3a), (3b)のDg2層では、 $\Delta WL = \pm 10m$ までは繰返しと静的の沈下量は大差ないが、 $\pm 12.5m$ 以上となると繰返しの沈下量は大きくなる。図(4a), (4b)のDg3層では、 $\Delta WL = \pm 10m$ までは繰返しと静的の沈下量は大差ないが、 $\pm 12.5m$ 以上となると繰返しの沈下量は大きくなる。各粘土層ともに $\Delta WL$ が大きくなると繰返しの沈下量が大きくなるのは、繰返し効果によってひずみが蓄積するためである。

以上から、各帯水層の許容できる地下水位変動量は、As層で $\pm 2m$ , Dg1層で $\pm 3m$ , Dg2層とDg3層で $\pm 10m$ といえる。また、いずれも沈下量は5cm未満の弾性変形に収まると考えられる。

最後に、本研究は、環境省CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業の「帯水層蓄熱のための低コスト高性能熱源井とヒートポンプのシステム化に関する技術開発」(研究代表者：中曾康壽)によって行ったことを付記する。

#### 参考文献

- 1) 久保田・他：うめきた2期地区での110mボーリングと各種物理検層による地盤性状，第52回地盤工学研究発表会(投稿中)，2017。
- 2) 大島・他：うめきた2期地区の沖積，洪積粘土層の土質特性，第52回地盤工学研究発表会(投稿中)，2017。
- 3) 末吉・他：うめきた2期地区の沖積，洪積粘土層の繰返し圧密挙動，第52回地盤工学研究発表会(投稿中)，2017。
- 4) 末吉・他：うめきた帯水層の地下水位低下による粘土層の沈下量予測，土木学会第72回年次学術講演会(投稿中)，2017。

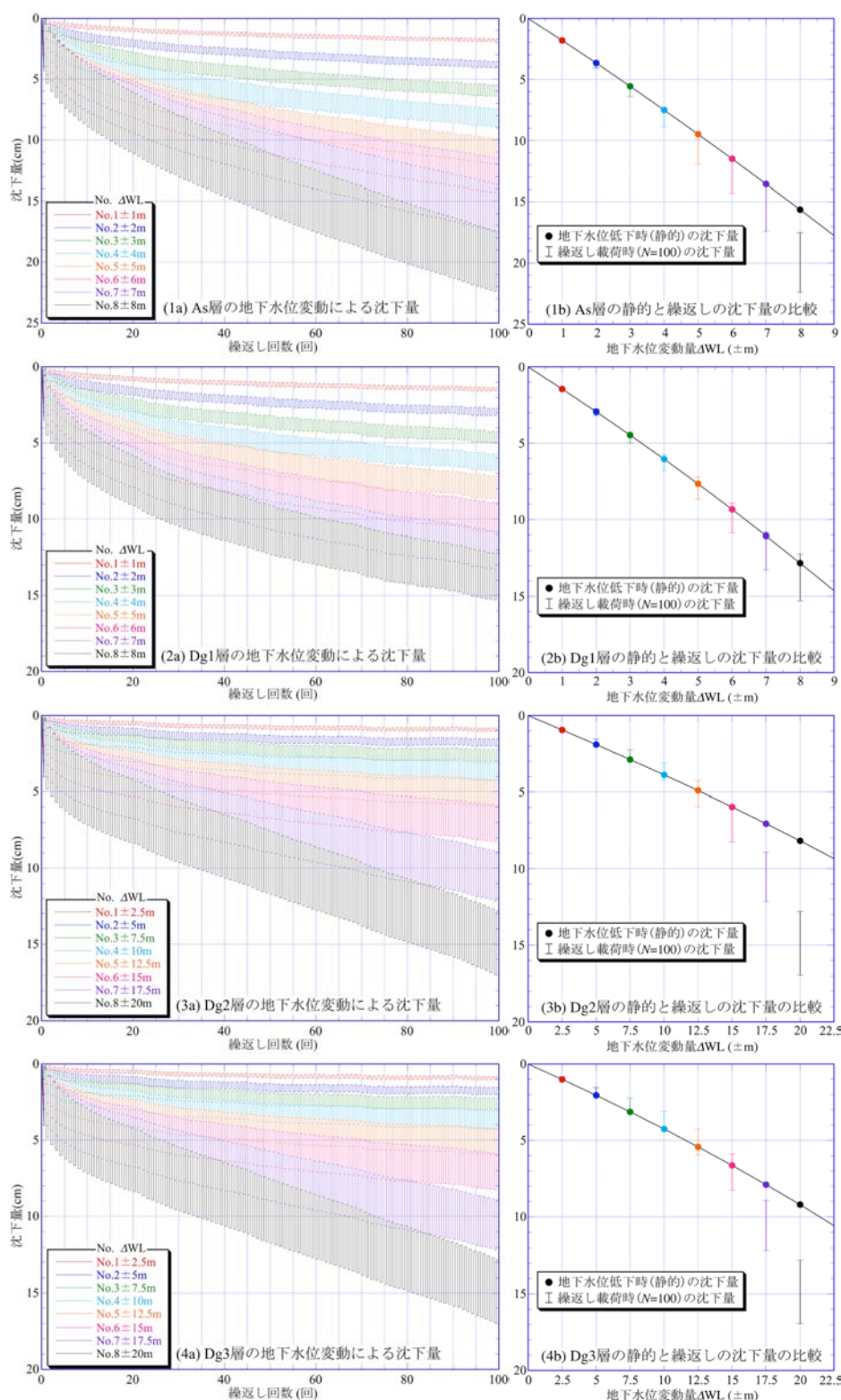


図-3 各帯水層の地下水位変動による繰返し圧密挙動を考慮した沈下量と静的な地下水位低下による沈下量の比較