

山留め掘削における盤ぶくれ挙動を把握する計測管理について

Measurement Control for Detecting Heaving during Excavation of Earth Retaining

鴫田 稔^{*1} 小林 薫^{*2}
 Minoru Tokita Kaoru Kobayashi
 矢野 貴弘^{*3} 中山 裕司^{*4}
 Takahiro Yano Yuji Nakayama

【キーワード】 山留め 盤ぶくれ 被圧水頭 間隙水圧 計測管理

1. はじめに

東京、大阪などの都市部では、地下水の過剰揚水による地盤沈下抑制のため揚水規制が行われた結果、被圧水頭が1965年頃から急激に回復・上昇し¹⁾、新たな地下水環境問題になってきている²⁾。建設工事においても地下水に係わる問題が多くなっており、開削工事においては被圧水頭上昇に伴う盤ぶくれに対する掘削底面の安定性確保も重要な検討課題の1つになっている³⁾。

盤ぶくれに対する検討方法は、①荷重バランスによる方法と②山留め壁と地盤との周面摩擦力や地盤のせん断抵抗力に加えて、場所打ち杭や地盤改良と地盤との周面摩擦力も考慮した合理的かつ経済性の高い設計・施工法の検討が進められている^{4),5)}。しかし、現地における盤ぶくれ挙動把握に関する計測方法は、安全性確保の面から非常に重要であるにも関わらず明確な方法が各種基準・指針類には明示されていないのが現状である。

本論文では、計測（安全）管理が難しい盤ぶくれ挙動把握において、加圧層（難透水層）の鉛直変位（浮き上がり）と被圧水頭の計測とともに、加圧層の間隙水圧を追加計測し、得られた計測結果を基に盤ぶくれに対する安全・安定性確保のための計測管理法について述べる。

2. 地質概要と工事概要

2.1 地質概要

工事場所は、濃尾平野中央部の木曾川左岸低地部に位置する後背湿地地帯である。濃尾平野の沖積層は南陽層と呼ばれ、軟弱な粘土・砂を主体とする。洪積層は、上位よりやや締まった粘土・砂からなる濃尾層と、礫層からなる第一礫層が分布する（図-1参照）。被圧水頭は、TP+1.9m（GL-1.7m）である。

2.2 工事概要

山留めは、柱列式中連続壁（SMW）をグラウンドアンカー4段で支保する方法で、掘削深さは15m、掘削平面は図-2に示すとおりである。また、掘削床付け面には、山留め壁の変形抑制や盤ぶくれに対する抵抗力増強のために厚さ3mの地盤改良（高圧噴射攪拌工法：SJM）を実施した。現地は、掘削底面付近に粘性土層（加圧層）が

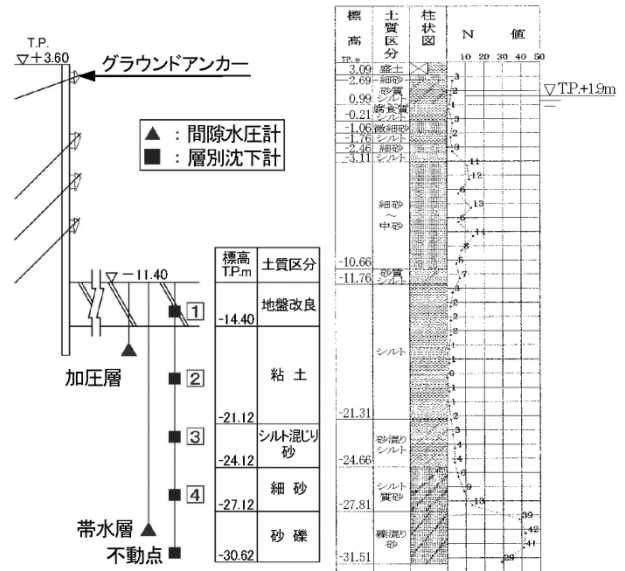


図-1 標準土質柱状図と計測器設置深度

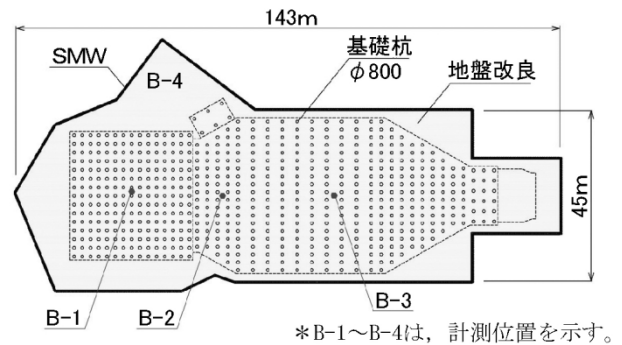


図-2 掘削平面図

分布し、その下位に被圧帯水層が存在するため掘削に伴う盤ぶくれが懸念された。

3. 盤ぶくれに関する計測概要⁶⁾

計測位置は、代表的な4箇所（B-1~B-4）を選定した。各箇所の計測は、層別沈下計4個（TP-13.4, TP-18.0, TP-22.0, TP-26.0および不動点はTP-30.0m）、間隙水圧計2個（加圧層:TP-16.0m, 被圧帯水層:TP-29.0m）である。B-1~B-3は、構造物の基礎杭（φ800）の間に設置し、B-4は基礎杭が施工されていないSMWに近い箇所である。

1. 土木事業本部 土木事業統括部
 2. 技術研究所
 3. 中日本土木支社 大阪土木事業部 湖西線高架橋作業所
 4. 東日本土木支社 関東土木事業部 業平作業所

4. 計測結果と考察

計測結果については、地盤の鉛直変位量が大きなB-4地点について示す。図-3は、B-4地点の掘削に伴う鉛直変位、加圧層の間隙水圧および被圧水頭を示す。なお、B-1～B-3の間隙水圧、被圧水頭も類似した挙動を示した。被圧水頭については、平均的にはT.P.+1.9mと設計水位に近い値であり、掘削時の底面地盤からの漏水等が認められなかったことから、揚圧力は掘削域全面にほぼ均一に作用しているものと推測された。

また、2003年5月末の被圧水頭の低下は、農業用揚水によるもので、揚水停止後は初期水頭に回復している。

図-4は、除荷重に伴う設置深度ごとの鉛直変位の計測結果を示す。掘削底面下の地盤の鉛直変位は、掘削に伴う除荷重により増加し、①(図中□印)と②(図中○印)については、3次掘削完了以降に徐々に荷重減分に対する鉛直変位増分の割合が増加する傾向が見られる。ここで、掘削に伴う底面地盤の変形係数は、掘削の進行とともに徐々に非線形性を示す(掘削の進捗とともに変形係数が徐々に小さくなる)⁷⁾。このことから、盤ぶくれ挙動が生じなくても鉛直変位は徐々に増分の割合が増加し、盤ぶくれに伴う鉛直変位の急変点を判断することが難しく、盤ぶくれ挙動を適切に評価することは困難であると考えられる。

図-3に示した鉛直変位の増加と加圧層の間隙水圧の低下に相関が見られることから、除荷重に伴う間隙水圧の低下と鉛直変位の増加の関係を整理し図-5に示す。除荷重に伴う加圧層の間隙水圧は、鉛直変位の増加(T.P.-18.0m位置)とともに低下傾向を示している。これは、鉛直変位の増加による体積膨張と間隙水圧の減少傾向に相関があり、リバウンド挙動が卓越しているものと考えられる。一方、鉛直変位が増加するものの間隙水圧に変化がない場合、揚圧力により加圧層全体が浮き上がる盤ぶくれ挙動が生じているものと考えられる。

以上より、通常の計測管理で実施される掘削底面下の鉛直変位(層別沈下計)と被圧水頭(間隙水圧)の計測のみでは、前述のように盤ぶくれ挙動を把握することが難しいが、加圧層の間隙水圧も同時に計測し、総合的に評価することで、盤ぶくれ挙動を適切に把握できる現場計測管理法の1つとしてその可能性を示すことができた。

5. おわりに

今後は、山留め掘削に伴う盤ぶくれ発生に対する抑止機構を含め、詳細な土～水連成解析や更なる実測データなどの蓄積を図った上で、信頼性の高い盤ぶくれ評価方法や現場計測管理法の確立を図りたいと考えている。

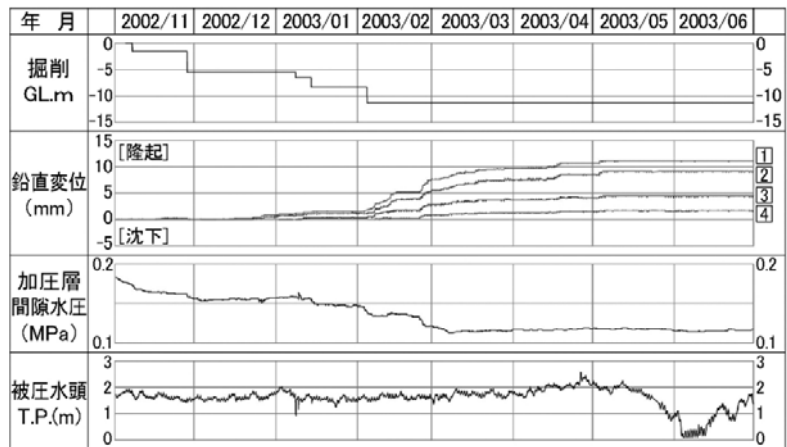


図-3 掘削に伴う鉛直変位、間隙水圧および被圧水頭の計測結果 (B-4)

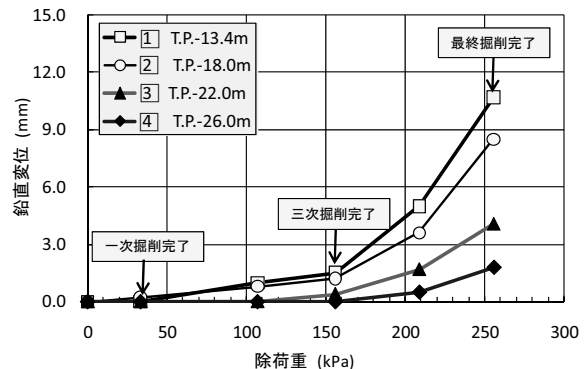


図-4 除荷重に伴う設置深度ごとの鉛直変位

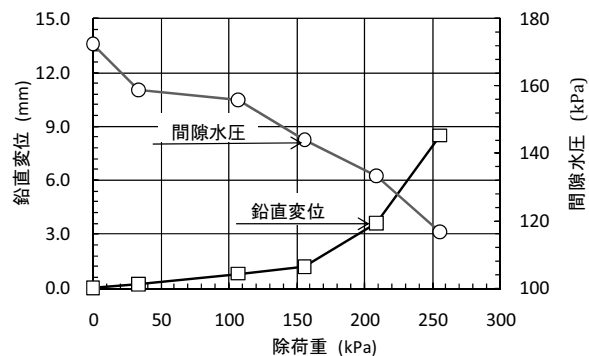


図-5 除荷重に伴う鉛直変位と間隙水圧の関係

【参考文献】

- 川島眞一：東京の地下水位の変動について，基礎工，Vol.24，No.2，pp.28-33，1996.
- 愛知正温，徳永朋祥：都市部における地下水環境問題の変遷と今後の展望—東京低地を例として—，土と基礎，Vol.55，No.8，pp.5-8，2007.
- 岡原 他：大深度地下連続壁工法の現状と今後の展望，構造工学論文集，Vol.37A，pp.1429-1441，1991.
- 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説—開削トンネル—，丸善，pp.208-211，pp.223-300，2001.
- 小林 他：被圧水頭下の開削トンネル工事における杭状盤ぶくれ対策工について，構造工学論文集，Vol.54A，pp.940-949，2008.
- 鶴田 他：深い掘削での高被圧下における盤膨れ防止対策，第13回調査設計施工技術報告会，地盤工学会中部支部，pp.65-70，2004.
- 鎌田 他：大規模開削における交差線状構造物とその周辺地盤の挙動，トンネルと地下，Vol.28，No.9，pp.7-16，1997.