

大深度立坑工事における盤ぶくれの計測管理と安全対策

戸田建設(株) 正会員 甘利 裕二, 山久 芳伸, 小泉 克志

1. はじめに

妙正寺川発進立坑は内径32m、連壁長100m、掘削深度57.52mの大深度立坑である。土質は主に砂・シルト・砂礫の東京層群から成り、連壁先端は透水係数 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ cm/sの難透水層に根入れしている。しかし、難透水層の層厚は11～12mと薄く、その下の被圧帯水層は0.87MPaの被圧水压を有しており、設計段階での自重バランス法による盤ぶくれ安全率は1.01と極めて微妙な状況であった。

このため、現場では詳細な土質調査と各種の計測管理を行い、盤ぶくれに対する安全性を評価・検討しながら掘削作業を行った。本報は大深度立坑の盤ぶくれに関する計測結果とその評価方法、および安全対策について報告するものである。

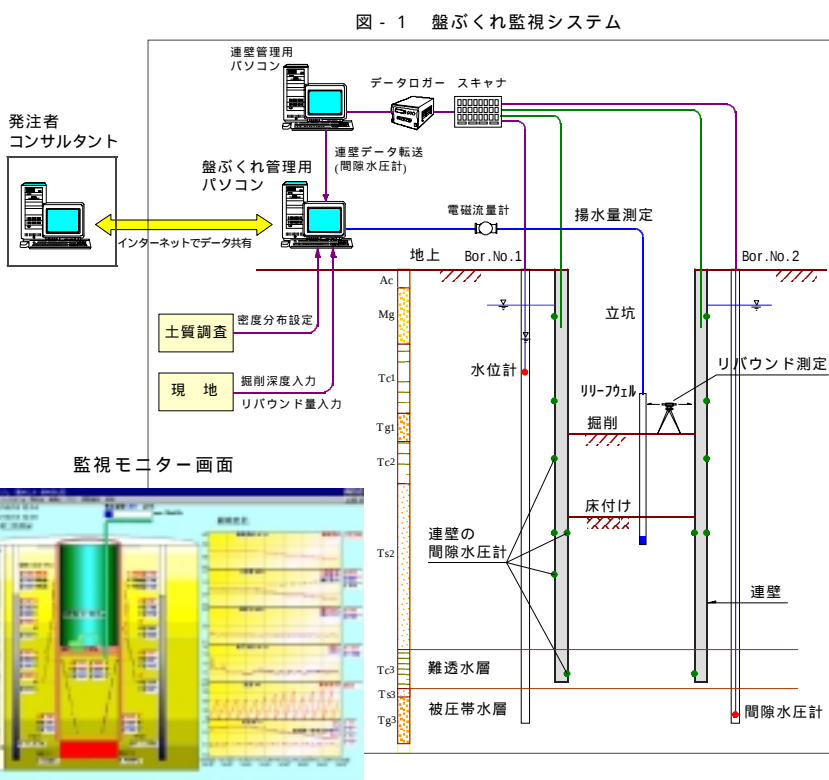
2. 計測管理方法

追加土質調査を行って被圧水圧、土層の密度分布等を詳細に調査した結果、自重バランス法による床付時の盤ぶくれ安全率は0.986～0.997となり、わずかではあるが1.0を下回ると予想された。

このため、被圧水圧、連壁まわりの間隙水圧、リリーフウェルの揚水量等を計測し、底盤の安全性を確認しながら掘削を行うことにした。掘削深度GL-42.84mからはリリーフウェルケーシングパイプの変位量を測定し、リバウンド量の観測も実施した（表-1）。

現場では計測データに基づいて施工管理するために盤ぶくれ監視システムを構築し、掘削深度ごとに現在の荷重バランスと床付時の予想安全率を算出し、底盤の安全性を評価・検討しながら掘削作業を行った（図 - 1）。

監視データはインターネットを經由して発注者とコンサルタントに直接転送し、同一のデータに基づいて立坑の安全性と施工の妥当性に関する総合的な検討を行いながら掘削作業を進めた。



表一 1 計測管理項目

計測項目	計測方法	管 理 項 目	
土の重量	密度検層で土層の密度分布を1mごとに測定	掘削深度ごとに土塊重量を算出	(自重バランス法) 安全率を算出
被圧水圧	水位計 (Bor. No.1) 間隙水圧計 (Bor. No.2)	揚圧力を算出	$F_s = \text{土塊重量} / \text{揚圧力}$ 管理基準値1.1で管理
底盤の変位量	リ-フアクエ-ジガハ [®] イ [®] の変位量を測定(レベル測量)	リバウンド量	
地下水の浸透状況	連壁に設置した間隙水圧計 リ-フアクの揚水量(電磁流量計)	間隙水圧の変化 揚水量の変化	

3. 間隙水圧の上昇とリバウンド量の増加

各種計測項目のうち連壁先端の間隙水圧とリバウンド量に顕著な変化が見られた。掘削深度GL-42.84mに達した時点で連壁先端の間隙水圧が急激に上昇し始め、GL-52.0mまで掘り進む間に0.103MPa上昇した(図-2)。

キーワード：大深度立坑，盤ぶくれ，計測管理，情報化施工，ディープウェル

連絡先：〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 戸田建設(株)東京支店土木部工事課 TEL.03-3535-1584 FAX.3567-4852

間隙水圧の上昇と呼応してリバウンド量も急激に増加し、掘削深度GL-52.0mでは43mmの増加となり(図-3)、除荷による土の膨張量と揚圧力による底盤の変位量を考慮しても実測値とは9.5mmのひらきが生じた。膨張量と底盤変位量は弾性理論解を用いて計算したが、砂層の変形係数はN値より $E = 2 \times 28 \text{ N} = 280 \text{ MPa}$ 、固結シルト層は一軸圧縮試験より $E = 300 \text{ MPa}$ とした。

床付時の安全率は1.0を下回ることが確実になり、間隙水圧が急激に上昇しリバウンド量が予想以上の増加を示していることから、このまま掘削を進めるのは危険であり対策が必要であると判断した。

4．地下水位低下工法の効果

対策としては立坑外側にディープウェル(φ350 117m)を2本施工し、揚水は上部の武蔵野礫層へリチャージする方式とした。

床付時の安全率1.1を確保するために、被圧水位を9.5～9.7m低下させ、揚圧力を0.1MPa低減させた。揚水後、連壁先端の間隙水圧の上昇量は0.014MPaであり、揚水前の14%に減少した。リバウンド量の増加量は揚水前43mmに対して揚水後8mmであり、揚水前の19%に減少した。さらに、掘削深度当たりの平均増加率も40%近く減少しており、ディープウェルの効果が認められる。

なお、揚水による周辺地盤への影響は±1mmと観測誤差範囲であり、周囲への影響は皆無であった。

5．安全率と底盤ひずみ量

掘削に伴う底盤土層厚の変化を考慮してリバウンド量をひずみ量で表すとデータがより明確となる。排土荷重と底盤ひずみ量の関係はほぼ直線的で、その傾きから変形係数は $E = 237 \text{ MPa}$ となり、土の膨張量の計算で用いた $E = 280 \text{ MPa}$ はやや大きめであったと考えられる(図-4)。

安全率と底盤ひずみ量の関係は図-5のようになるが、揚水によって一旦低下した揚圧力が土塊重量の減少によって再び卓越するポイントが1.17付近であると考えられ、このことから管理基準値1.1はやや危険側であり、1.2程度が適切であったと思われる。

6．まとめ

本工事では計測データを発注者と共有化し、総合的に評価・検討・管理することによって、安全な施工を行うことができた(情報化施工)。検討及び管理方法として自重バランス法を採用したが、考え方がシンプルで施工管理しやすく、確実性が高いと言える。また、底盤変位量を詳細に把握するためには層別沈下計等の設置が有効であると考えられる。

最後に、検討にあたって多大なご尽力をいただいた東京都建設局第三建設事務所の竹内所長、清水課長、角館係長、桜庭監督員の皆様に心から感謝の意を表します。

図-2 連壁先端の間隙水圧の変化

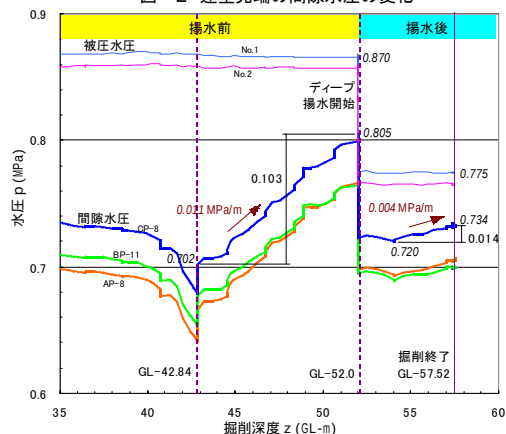


図-3 リバウンド量の変化

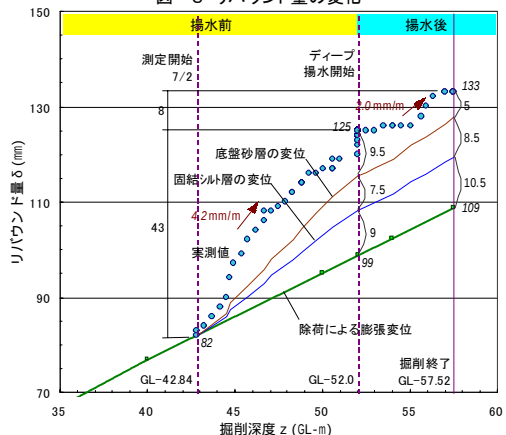


図-4 排土荷重と底盤ひずみ量

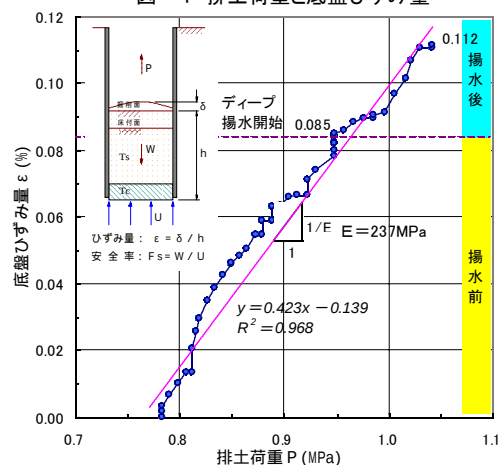


図-5 安全率と底盤ひずみ量

