

Ⅲ-532

大深度立坑の掘削工事における盤ぶくれの計測事例について

飛島建設(株) 土木本部 正会員 村上 清基
 飛島建設(株) 横浜支店 前川 一
 飛島建設(株) 土木本部 大野 孝二
 飛島建設(株) 土木本部 谷内 隆

1. はじめに

掘削工事の大深度化に伴い、被圧地下水による盤ぶくれが懸念される場合がある。

盤ぶくれの安全率は、地盤の自重と被圧地下水の揚圧力のバランスによって判断しており、壁体と掘削地盤との摩擦抵抗力および地盤のせん断抵抗力がどの程度期待できるかは明確でない。

今回、掘削深さ72.4mの大深度掘削における盤ぶくれの安全率について現場計測に基づいて検討したので以下に述べる。

2. 工事概要

当工事は、地中連続壁（壁長：85m、壁厚：1.2m）を正20角形（内径：16m）に施工し、GL-72.4mまで掘削するシールド発進立坑の掘削工事である。

GL-59m以深の掘削では、盤ぶくれ防止のためにディープウェルによる揚水（揚水量：105ℓ/min×4本）を補助工法とした。

3. 地盤概要

GL-45mまでは沖積層が堆積し、GL-45～-52mは砂礫層、GL-52m以深は第四紀更新世の上総層群泥岩層である。

上総層群泥岩層は、固結シルト層と未固結細砂層（薄層）の互層あるいは未固結細砂を主体とする固結シルト層の互層である。

GL-73～108mで実施した電気検層、孔内湧水圧試験、およびトリプルチューブオールコア採取の結果から挟在する未固結細砂は高い被圧水頭を有し、固結シルト層の亀裂を通じて地下水が浸透すると考えられ、掘削底面の盤ぶくれが懸念された。

GL-84.9m～GL-86.4m間の約1.5m厚は、均一な固結シルト層が存在し不透水層と判断された。

4. 盤ぶくれの計測管理方法

間隙水圧計を立坑中央部の最終床付け面下のGL-75m、不透水層を挟んで上下のGL-80m、GL-87mに設置した。

また区間変位計も設置して盤ぶくれの確認を実施した。

5. 計測結果および考察

安全率の算定として、以下に2つの方法を示す。

(1) 地盤の自重のみを考慮した安全率

盤ぶくれの抵抗力は、地盤の自重のみである。

$$F_s = \frac{(\gamma_{t1}h_1 + \gamma_{t2}h_2)A}{U} \quad \text{----- 1式}^{(1)}$$

(2) 壁面摩擦およびせん断抵抗を考慮した安全率

盤ぶくれの抵抗力は、以下の3つである。

①地盤の自重

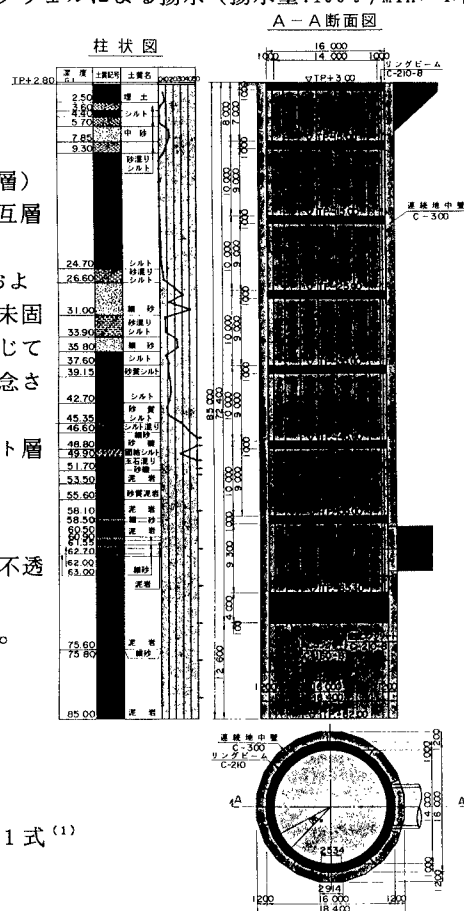


図-1 立坑概要図

②壁体と掘削地盤の周面摩擦抵抗

$$C_1 = 2.0 (\text{tf/m}^2) : N \text{ 値} \geq 5.0$$

③壁体先端より下位の不等水層(泥岩層)のせん断抵抗力 $C_2 = 122.1 (\text{tf/m}^2)$: 三軸圧縮試験

$$F_s = \frac{(\gamma_{t1} h_1 + \gamma_{t2} h_2) A + (C_1 H_1 + C_2 H_2) L}{U} \quad \text{----- 2式}^{(2)}$$

間隙水圧(GL-87m)の計測値および盤ぶくれの安全率を図-3と表-1に示した。

また、(1、2式)における安全率1.0、1.2に相当する間隙水圧を示した。

表-1 掘削工程毎の安全率

掘削工程	安全率		間隙水圧 (kgf/cm ²)			
	1式	2式	計測値	計算値※		
				設置深度	1式	2式
				GL-87.0m	$F_s=1.0$	$F_s=1.0$ $F_s=1.2$
6次掘削完了 (GL-49.0m)	1.21	1.97	5.60	6.75	8.34	8.34
7次掘削中 (GL-54.3m)	1.18	2.06	4.88	5.75	8.34	8.34
7次掘削完了 (GL-59.0m)	1.05	1.98	4.62	4.86	8.34	7.64
8次掘削中 (GL-65.7m)	0.87	1.90	4.18	3.62	7.92	6.60
8次掘削完了 (GL-72.4m)	0.65	1.80	3.76	2.45	6.76	5.63

※印の計算値は、安全率1.0または1.2を満足するときの間隙水圧を(1式)および(2式)より算出したものである。

ここに、
 F_s : 安全率 (≥ 1.2)
 γ_{t1}, γ_{t2} : 土の湿潤重量 (tf/m^3)
 U : 透水層の揚圧力 (tf)
 C_1 : H_1 間の土留め壁との摩擦抵抗 ($= 1 \sim 2 \text{ tf/m}^2$)
 C_2 : H_2 間の粘着力 (tf/m^2)
 L : 土留め壁の周長 (m)
 A : 立坑内空底面積 (m^2)

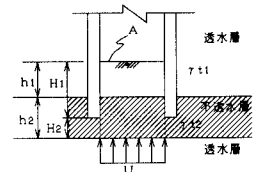


図-2 盤ぶくれ検討図

自重のみの安全率は、GL-62m付近から1.0以下である。

壁面摩擦およびせん断抵抗力を考慮した安全率は、8時掘削完了時まで1.2以上である。

参考文献(3)の区間変位計の計測結果から判断して、自重のみの安全率が掘削底面の挙動と合わないことから、上総層群泥岩層での盤ぶくれの安全率には、地盤の摩擦抵抗力およびせん断抵抗力が考慮できると思われる。

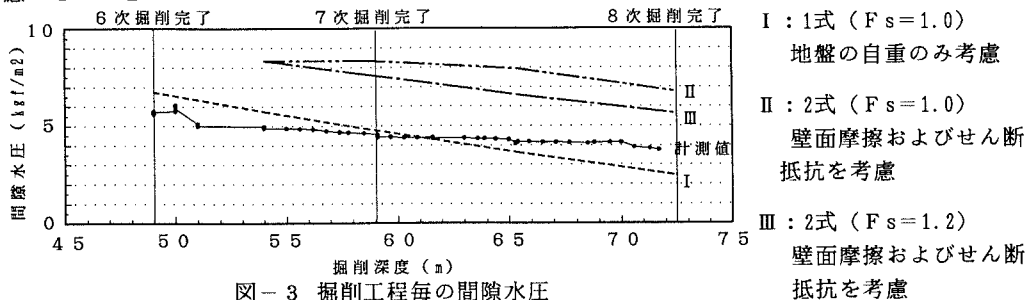


図-3 掘削工程毎の間隙水圧

6. まとめ

- (1) 8次掘削完了時の安全率は、自重のみで $F_s=0.65$ 、壁面摩擦およびせん断抵抗力を考慮した安全率で $F_s=1.80$ となった。
- (2) 区間変位計の変位が最大1.9 mmであることから、上総層群泥岩層での盤ぶくれの安全率には地盤の摩擦抵抗力およびせん断抵抗力が考慮できる。
- (3) 地盤の荷重だけによる安全率は過小評価となる。
- (4) 同種地盤における計測データの蓄積が必要であるが、上総層群泥岩層での盤ぶくれの検討には壁面摩擦およびせん断抵抗力を考慮した安全率で評価した方が妥当である。
- (5) 摩擦抵抗力およびせん断抵抗力の値の妥当性については、今回の計測事例だけでは評価できないため今後の研究が望まれる。

【参考文献】

- (1) 土木学会：トンネル標準示方書(開削編)・同解説
- (2) (社)日本トンネル技術協会：「地中送電用深部立坑，洞道の調査・設計・計測指針」
- (3) 小林, 前川, 峯谷, 大野：大深度立坑の掘削工事における掘削地盤の変形計測事例について，土木学会第50回年次学術講演会(1995)