

No 既設 ~ No 1  
推進延長 L= 180.00 m

(1)管にかかる等分布荷重

1). 土による鉛直等分布荷重

(a) 設計条件

|                                         |                       |                        |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 管の呼び径                                   | (D)                   | 800 mm                 |
| 管厚                                      | ( $\delta$ )          | 80 mm                  |
| 土の単位体積重量                                | ( $\gamma$ )          | 20.0 kN/m <sup>3</sup> |
| 土の粘着力                                   | ( $c$ )               | 0.0 kN/m <sup>2</sup>  |
| 土の内部摩擦角                                 | ( $\phi$ )            | 35 °                   |
| 土の摩擦係数                                  | ( $\mu = \tan \phi$ ) | 0.700                  |
| 土被り                                     | (H)                   | 4.00 m                 |
| 管外径                                     | (Bc)                  | 0.96 m                 |
| テルツァギーの側方土圧係数 (K)                       |                       | 1.00                   |
| (テルツァギーは実験研究の結果から、沈下する幅の中央部で K=1 としている) |                       |                        |

(b) 土による鉛直等分布荷重

$$B_t = B_c + 0.10$$
$$= 1.060 \text{ m} \quad B_t : \text{トンネル外径}$$

$$B_e = B_t \cdot \left\{ \frac{1 + \sin(45 - \phi / 2)}{\cos(45 - \phi / 2)} \right\}$$
$$= 1.747 \text{ m} \quad B_e : \text{土のゆるみ幅}$$

$$C_e = \frac{1}{2 \cdot K \cdot \mu / B_e} \cdot \left\{ 1 - e^{-(2 \cdot K \cdot \mu / B_e) \cdot H} \right\}$$
$$= 1.197 \text{ m} \quad C_e : \text{テルツァギーの土荷重の係数}$$

$$w = (\gamma - 2 \cdot c / B_e) \cdot C_e$$
$$= 23.94 \text{ kN/m}^2 \quad w : \text{土による鉛直等分布荷重}$$

## 2).活荷重による鉛直土圧

$$p = \frac{2 \cdot P(1 + \gamma \cdot \beta)}{C(a + 2 \cdot H \cdot \tan \theta)}$$

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| 設計荷重       | T -    | 25     |
| p:         | 活荷重    |        |
| P:         | 後輪荷重   | 100 kN |
| i:         | 衝撃係数   | 0.25   |
| C:         | 車体有占幅  | 2.75 m |
| a:         | 車輪接地長さ | 0.20 m |
| H:         | 土被り    | 4.00 m |
| $\theta$ : | 荷重の分布角 | 45 °   |
| $\beta$ :  | 低減係数   | 0.90   |

衝撃係数 (i)

| H 1.5 | 1.5 < H < 6.5 | 6.5 H |
|-------|---------------|-------|
| 0.50  | 0.65-0.1H     | 0.00  |

$$p = 9.98 \text{ kN/m}^2$$

## 3).管にかかる等分布荷重

$$q = w + p$$

$$= 23.94 + 9.98$$

$$= 33.92 \text{ kN/m}^2$$

q: 管にかかる等分布荷重

w: 土による鉛直等分布荷重

p: 活荷重による鉛直土圧

## (2)鉛直方向の管の耐荷力

### 1).外圧強さより球まる管の抵抗モーメント

外圧強さより球まる管の抵抗モーメントは

$$\begin{aligned} Mr &= 0.318 P \cdot r + 0.239 W \cdot r \\ &= 4.953 + 0.559 = 5.512 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \quad (1\text{種}) \\ &= 9.892 + 0.559 = 10.451 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \quad (2\text{種}) \end{aligned}$$

$$r = (D + t) / 2 = 0.440 \text{ m}$$

ここに、

Mr : 外圧強さより球まる管の抵抗モーメント (kN・m/m)

P : ひび割れ荷重による外圧強さ 1種 → 35.40 kN/m  
2種 → 70.70 kN/m

W : 管の自重 = 5.314 kN/m

r : 管厚中心半径 (m)

D : 管 径 = 0.80 m

t : 管 厚 = 0.08 m

### 2).鉛直等分布荷重により管に生じる曲げモーメント

等分布荷重により管に発生する最大曲げモーメントは、120°の自由支承を考慮すると

$$M = 0.275 \cdot q \cdot r^2 = 1.806 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

ここに、

M : 等分布荷重により管に発生する曲げモーメント (kN・m/m)

q : 管にかかる等分布荷重 = 33.918 kN/m<sup>2</sup>

### 3) 管のひび割れ安全率

等分布荷重によって生じるひび割れ安全率は、管の抵抗モーメント(Mr)と 管に生じるモーメント(M)の比より求められる。

$$F = \frac{Mr}{M} \quad 1.2$$

ここに、

F : 安全率

$$F = \frac{5.51199}{1.806} \quad 3.1 \quad 1.2 \quad \dots \quad \text{OK} \quad (1\text{種})$$

$$F = \frac{10.4512}{1.806} \quad 5.8 \quad 1.2 \quad \dots \quad \text{OK} \quad (2\text{種})$$

### (3)推進力の計算

超泥水加圧推進協会の施工実績により求められた経験的簡便式を用いる

#### 1) 総推進力の計算

$$F = F_0 + \bar{f} \cdot S \cdot L$$

$$F_0 = (P_e + P_w) \cdot (B_0 / 2)^2 \cdot \pi$$

$$\bar{f} = 9.8 \times \{ f_1 + 0.3 \cdot (G / 100)^2 + 2.7 \cdot (G / 100) \cdot M^2 \}$$

ここに、

F : 総推進力 (kN)

F<sub>0</sub> : 初期抵抗 (kN)

S : 管外周長 =  $\pi \cdot B_0 = 3.016 \text{ m}$

L : 推進延長 = 180.0 m

P<sub>e</sub> : 切り羽単位当たり推力 (kN/m<sup>2</sup>)

$$P_e = 9.8 \times (0.4 \times N) = 98.0 \text{ kN/m}^2$$

但し、N値 = 25

P<sub>w</sub> : 掘削室内泥水圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$$P_w = (\text{地下水圧} + 2.0 \times 9.8)$$

$$= \{ \text{土被り} + (\text{管外径} / 2) - \text{地下水位} \} \times 9.8 + 2.0 \times 9.8$$

$$= (4.00 + 0.48 - 2.00) \times 9.8 + 19.6$$

$$= 43.9 \text{ kN/m}^2$$

但し、地下水位は GL - 2.00 m

B<sub>0</sub> : 掘進機外径 = 0.98 m

$\bar{f}$  : 管外周抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)

f<sub>1</sub> : 管外周抵抗第1項 = 0.2

G : れき率 = 70 %

M : 最大れき長径(m) / 管外径(m)

$$= 0.30 \div 0.96 = 0.313$$

$$\begin{aligned} \bar{f} &= 9.8 \times \{ 0.2 + 0.3 \times (70 / 100)^2 \\ &\quad + 2.7 \times (70 / 100) \times 0.313^2 \} = 5.209 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$F_0 = (98.0 + 43.9) \times (0.98 / 2)^2 \times \pi = 107.0 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F &= 107.0 + \\ &\quad 5.209 \times 3.016 \times 180.0 = 2,935 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 2) 許容推進延長の計算

許容推進延長は、推進管の耐荷力から求まるものと 元押しジャッキの設備推力から求まるものがあり これらの算出結果より双方を勘案して決定すればよい。

計算式は先の推進力計算より 推進延長を未知数に置き換えた次式を用いる。

$$La = \frac{Fa - F0}{f \cdot S}$$

$$f = f0 \cdot S = 15.7115 \text{ kN/m} = \text{推進m当り推進抵抗値}$$

ここに、

La : 許容推進延長(m)

Fa : 元押し許容最大推力 (kN) → Fap or Faj

Fap : 管の許容耐荷力

$$= 10^3 Ae \cdot \sigma_{ma} = \begin{matrix} 2,296 \text{ kN} & (50\text{N管}) \\ 3,091 \text{ kN} & (70\text{N管}) \end{matrix}$$

$$Ae : \text{管の有効断面積} = 0.1766 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{ma} : \text{管の許容平均圧縮応力度} = \begin{matrix} 13.0 \text{ N/mm}^2 & (50\text{N管}) \\ 17.5 \text{ N/mm}^2 & (70\text{N管}) \end{matrix}$$

$$Faj : \text{元押しジャッキの最大配置設備推進力} = 3,920 \text{ kN}$$

$$F0 : \text{初期抵抗} = 107.0 \text{ kN}$$

$$S : \text{管外周長} = 3.016 \text{ m}$$

$$f : \text{管外周抵抗} = 5.209 \text{ kN/m}^2$$

### a) 管の許容耐荷力から求まる許容推進延長

$$Lap = \frac{2,296 - 107.0}{5.209 \times 3.016} = 139.3 \text{ m} \quad (50\text{N管})$$

$$Lap = \frac{3,091 - 107.0}{5.209 \times 3.016} = 189.9 \text{ m} \quad (70\text{N管})$$

### b) 元押しジャッキの最大配置設備推進力から求まる許容推進延長

$$Laj = \frac{3,920 - 107.04}{5.209 \times 3.016} = 242.7 \text{ m}$$

以上より 許容推進延長は 推進管の許容耐荷力より決定され

$$La = 189.9 \text{ m} \quad \text{となる。}$$