

84-1 ~ 85-1

推進延長 L = 119.92 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	1000 mm
管厚	:	t	100 mm
土の単位体積重量	:		17.1 kN/m ³
土の粘着力	:	c	2.0 kN/m ²
土の内部摩擦角	:		36.4 °
土の摩擦係数	:	$\mu = \tan$	0.737
土被り	:	H	8.74 m
管外径	:	Bc	1.200 m
テルツァギアの側方土圧係数	:	K	1.00

(テルツァギア - 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

$$B_t = B_c + 0.10 \quad B_e = B_t \cdot \left\{ \begin{array}{l} 1 + \sin(45 - \phi/2) \\ \cos(45 - \phi/2) \end{array} \right\}$$
$$= 1.300 \text{ m} \quad = 2.113 \text{ m}$$

$$C_e = \frac{1}{2 \cdot K \cdot \mu / B_e} \left\{ 1 - e^{- (2 \cdot K \cdot \mu / B_e) \cdot H} \right\}$$
$$= 1.430$$

$$w = (- 2 \cdot c / B_e) \cdot C_e$$
$$= 21.7 \text{ kN/m}^2$$

ここで、
B_t : トンネル外径(m)
B_e : 土のゆるみ幅(m)
C_e : テルツァギアの土荷重の係数
w : 土による鉛直等分布荷重(kN/m²)

2) 活荷重による鉛直土圧

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

ここで、

p :	活荷重(kN/m)	T -	250
P :	設計荷重		100 kN
i :	衝撃係数		0
C :	車体有占幅		2.75 m
a :	車輪接地長さ		0.20 m
H :	土被り		8.74 m
θ :	荷重の分布角		45 °
α :	低減係数		0.9

衝撃係数 (i)

H(m)	H ≤ 1.5	1.5 < H < 6.5	H ≥ 6.5
i	0.5	0.65 - 0.1H	0

$$p = 3.7 \text{ kN/m}^2$$

3) 管にかかる等分布荷重

$$q = w + p$$

$$= 21.7 + 3.7$$

$$= 25.4 \text{ kN/m}^2$$

ここで、

q :	管にかかる等分布荷重(kN/m ²)
w :	土による鉛直等分布荷重(kN/m ²)
p :	活荷重による鉛直土圧(kN/m ²)

(3) 推進力の計算

1) 推進管および線形条件

呼び径		1000 mm
掘進機外径	Bs =	1.220 m
推進管外径	Bc =	1.200 m
推進管外周長	S =	3.770 m
推進管の自重	W =	8.303 kN/m
推進管の単位長	l =	2.43 m
曲線半径	R =	100 m
曲線推進長	CL =	22.13 m
直線推進長 (発進 ~ BC)	l2 =	85.79 m
(EC ~ 到達)	l1 =	12.00 m
土被り	H =	8.74 m

推進管中心までの高さ h は

$$\begin{aligned} h &= H + Bc/2 \\ &= 8.74 + 1.20/2 = 9.34 \text{ m} \end{aligned}$$

2) 土質条件

土の単位体積重量	=	17.1 kN/m ³
N値		12
礫率		0 %

礫率	50%以下	51 ~ 60%	61 ~ 70%	71 ~ 80%
(礫率による摩擦抵抗係数)	1.0	1.2	1.3	1.4

3) 推進設備条件

元押ジャッキ最大設備推進力	Fm =	3,920 kN
中押ジャッキ最大設備推進力	Fn =	2,950 kN

4) 推進抵抗値の算定と推進設備の検討

4)-1 全区間の推進抵抗

曲線推進における推進抵抗 F は次式による。

$$F = (F_0 + f \cdot l_1) K^n + f \cdot CL + f \cdot l_2$$

ここで、

F : (kN)		
F_0 : 初期抵抗力 (kN)		
f : 直線推進における 1m 当りの抵抗値	(kN/m)	
K : 曲線での管 1 本毎の推進抵抗増加率		
n : 曲線部の推進管本数		
	$= CL / l$	
	$= 22.13 / 2.43$	
	$= 9.1 \text{ 本}$	
但し、 CL : 曲線推進長	$=$	22.13 m
l : 推進管単位長	$=$	2.43 m
	: 曲線部と直線部の推進抵抗比率	
l_2 : 直線推進長 (発進 ~ BC)	$=$	85.79 m
l_1 : 直線推進長 (EC ~ 到達)	$=$	12.00 m

初期抵抗力 F_0 は次式により求まる。

$$F_0 = \frac{1}{4} \gamma B_s^2 \cdot h / 2$$

$$= \frac{1}{4} \times 17.1 \times 1.220^2 \times 9.34 / 2$$

$$= 93.4 \text{ kN}$$

ここで、

B_s : 掘進機外径	$=$	1.220 m
γ : 土の単位体積重量	$=$	17.1 kN/m ³
h : 推進管中心までの高さ	$=$	9.34 m

直線推進における m 当たりの推進抵抗値 f は次式による。

$$f = g \left(\frac{1}{8} \cdot B_c^{0.6} \cdot N^{0.2} \right) S + 0.2W$$

$$= 9.8 \times \left(\frac{1}{8} \times 1.0 \times 1.200^{0.6} \times 12^{0.2} \right) \times 3.770 + 0.2 \times 8.303$$

$$= 10.13 \text{ kN/m}$$

ここで、

	: 外面抵抗値	$=$	1.0
B_c : 管外径	$=$	1.200 m	
N : N 値	$=$	12	
S : 管外周長	$=$	3.770 m	
W : 管の自重	$=$	8.303 kN/m	

また、推進抵抗増加率 K と推進抵抗比率 は次式により求められる。

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{1}{\cos \theta - k \cdot \sin \theta} \\
 &= \frac{1}{\cos 1.401^\circ - 0.5 \times \sin 1.401^\circ} \\
 &= 1.013 \\
 &= \frac{K^{(n+1)} - K}{n(K - 1)} \\
 &= \frac{1.013^{(9.1+1)} - 1.013}{9.1 \times (1.013 - 1)} \\
 &= 1.068
 \end{aligned}$$

ここで、 θ : 曲線部で隣接する推進管の折れ角度

$$\begin{aligned}
 &= 2 \cdot \sin^{-1} \left[\frac{l}{2(R - D/2)} \right] \\
 &= 2 \cdot \sin^{-1} \left[\frac{2.43}{2 \times (100.00 - 1.20/2)} \right] = 1.401^\circ
 \end{aligned}$$

但し、 R : 曲線半径 = 100 m
 D : 管外径 = 1.200 m
 l : 推進管単位長 = 2.43 m

k : 曲線部の推進方向に対する法線方向力の摩擦抵抗に

係わる係数 (通常 $k = 0.5$)

n : 曲線推進本数 = 9.1 本

故に、全区間の推進抵抗 F は、

$$\begin{aligned}
 F &= (F_0 + f \cdot l_1) K^{n+1} \cdot f \cdot C L + f \cdot l_2 \\
 &= (93.4 + 10.13 \times 12.00) \times 1.013^{9.1} \\
 &\quad + 1.068 \times 10.13 \times 22.13 + 10.13 \times 85.79 \\
 &= 1,350 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4)-2 推進設備の検討

元押しシャッキ最大設備推進力	$F_m =$	3,920 kN
全区間の推進抵抗	$F =$	1,350 kN

$$F_m > F \quad \text{より}$$

元押し設備のみで推進可能である。

4)-3 許容推進延長の計算

推進管の許容耐荷力に基づく直線区間での許容推進延長を求める。

今、管の許容耐荷力を F_a とすれば $F_a = F$ として、 L を未知数 L_a として置き換えれば基本式より次式を得る。

$$L_a = \frac{(F_a \text{ or } F_m) - F_0}{f}$$

ここで L_a : 許容推進延長(m)

F_a : 管の許容耐荷力

$$F_a = 1000 \text{ } m_a \cdot A_e = 3,766 \text{ kN} \quad (50\text{N/mm}^2)$$

$$= 5,070 \text{ kN} \quad (70\text{N/mm}^2)$$

$$F_m : \text{元押しシヤッキ 最大設備推進力} = 3,920 \text{ kN}$$

$$A_e : \text{管の有効断面積} = 0.2897 \text{ m}^2$$

$$m_a : \text{管の許容平均圧縮応力度} = 13.0 \text{ N/mm}^2 \quad (50\text{N/mm}^2)$$

$$= 17.5 \text{ N/mm}^2 \quad (70\text{N/mm}^2)$$

$$F_0 : \text{初期抵抗力} = 93.4 \text{ kN}$$

$$f : \text{直線推進における 1m 当りの抵抗値} = 10.13 \text{ kN/m}$$

故に、直線区間での許容推進延長は

$$50\text{N/mm}^2 \quad L_{a50} = \frac{3,766 - 93.4}{10.13} = 362.5 \text{ m}$$

$$70\text{N/mm}^2 \quad L_{a70} = \frac{5,070 - 93.4}{10.13} = 491.3 \text{ m}$$

$$\text{元押しシヤッキ } L_{ajm} = \frac{3,920 - 93.4}{10.13} = 377.7 \text{ m}$$

$$\text{以上より } L_a = L_{ajm} = 377.7 \text{ m}$$