

推進延長計算(修正式 :土圧式推進工法)

1. 設計条件		管番号 3~ 2 (Bor-No.)
呼び径	1500	鉄筋コンクリート推進管(1種管)
土質条件		
土質名	砂質土~粘性土	
=	18.000 kN/m <sup>3</sup>	単位体積重量
=	29.600 度	内部摩擦角
=	35.700 度	" (管中心)
C =	0.000 kN/m <sup>2</sup>	粘着力
地下水位GL -	1.500 m	地下水位
N値	27	

推進条件

H =	6.000 m	土被り
L =	200.000 m	推進延長
q =	46.608 kN/m <sup>2</sup>	管にかかる等分布荷重
W =	17.330 kN/m	管の単位重量(鉄筋コンクリート管)
Bc =	1.780 m	管外径(鉄筋コンクリート管)
t =	0.140 m	管厚(鉄筋コンクリート管)
C' =	5 kN/m <sup>2</sup>	管と土との付着力 粘性土(N<10);C'=8 固結土(N 10):C'=5
Pe =	270 kN/m <sup>2</sup>	切削抵抗 N値×10 但しN<15の場合 150 但しN>50の場合 500
Pw =	94.971 kN/m <sup>2</sup>	主動土圧+(地下水位 - 管中心高) × 10kN/m <sup>2</sup> + 2 × 10kN/m <sup>2</sup>
Pa =	21.071 kN/m <sup>2</sup>	主動土圧Pa = (p+ ·(H+Bc/2)) · tan(45- /2)^2 - 2 · C · tan(45- /2)
p =	10 kN/m <sup>2</sup>	活荷重 は掘削機中心までの平均単位重量
Bs =	1.880 m	シールド機外径
=	0.40	推進力低減係数

推進方向の管の耐荷力  $F_a = 1,000 \cdot m_a \cdot A_e$   
 $= 7939.100 \text{ kN}$

Ae =	0.6107 m <sup>2</sup>	管の有効断面積
c =	50 N/mm <sup>2</sup>	管体コンクリート圧縮強度
ma =	13.0 N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの許容平均圧縮応力度

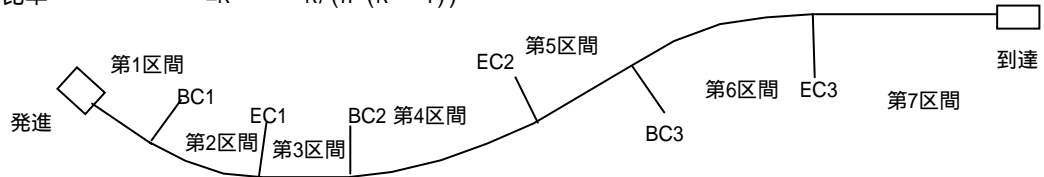
2. 荷重計算

耐荷力の計算(2)管にかかる等分布荷重より  
 管にかかる等分布荷重  $q = 46.608 \text{ kN/m}^2$

### 3. 推進力計算

推進力計算式

総推進力  $F = (F_o + L \cdot f_o) \cdot K^n + CL \cdot f_o \cdot$  = 12167.660 kN  
 先端抵抗力  $F_o = (P_e + P_w) \times (B_s / 2)^2 \times$  = 1013.159 kN  
 周面抵抗力  $f_o = \{ (\cdot B_c \cdot q + W) \mu' + \cdot B_c \cdot C' \}$  = 46.989 kN/m<sup>2</sup>  
 管と土との摩擦係数  $\mu' = \tan \theta = \tan(\phi / 2)$  = 0.322  
 推進管折れ角  $(\theta) = 2 \sin^{-1} \{ (L_p) / 2(R - D/2) \}$   
 曲線部推進管本数  $n(\text{本}) = CL / L_p$   
 推進抵抗増加率  $K = 1 / (\cos \theta - k \cdot \sin \theta)$   
 推進抵抗比率  $= K^{n+1} - K / (n \cdot (K - 1))$



推進力算出地点	発進	第1区間	第2区間	第3区間	第4区間	第5区間	第6区間	第7区間
管外径	Bc(m)	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78		
推進管有効長	Lp(m)	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43		
直線延長	L(m)	30	0	65	0	25		
曲線延長	CL(m)	0	50	0	30	0		
曲線半径	R(m)	0	150	0	150	0		
摩擦係数	k	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
区間推進管折れ角 (°)		0.000	0.934	0.000	0.934	0.000		
累計推進管折れ角 (°)		0.934	0.934	0.934	0.934	0.000		
曲線部推進管本数 n(本)		0.000	20.576	0.000	12.346	0.000		
推進抵抗増加率 K		1.008	1.008	1.008	1.008	1.000		
K <sup>n</sup>		1.000	1.178	1.000	1.103	1.000		
推進抵抗比率		1.000	1.091	1.000	1.055	1.000		
直線部	L · fo	1409.670		3054.285		1174.725		
曲線部	CL · fo ·		2563.250		1487.202			
初期抵抗力	Fo(kN)	0.000	0.000	0.000	0.000	1013.159		
推進抵抗値	F(kN)	12167.660	10757.990	6955.547	3901.262	2187.884		
推進延長	(m)	200.000	170.000	120.000	55.000	25.000		
元押ジャッキ判定		NO	NO	OK	OK	OK		

#### 許容推進延長の計算

Fr : FmeとFaを比較して小さい方の値 7939.100 kN

許容推進延長の計算(管の許容耐荷力 F 7939.100 kN より求めた場合)

元押ジャッキ有効推進力から求める時 Fme=8,000/1.00= 8000 kN

元押ジャッキ最大設備推進力 8000 kN

元押ジャッキ最大設備の有効推進力Fmeは、最大設備容量を1.00で除した値とする。

元押許容推進延長

130.000 m

但し、計画推進延長L = 200.000mを満足できないので、中押工法の検討を行う。

元押ジャッキのみの許容推進延長の計算

許容推力  $F_r = 7939.100$  kN を満足する推進延長を試算して求める。

推進力算出地点	発進	第1区間	第2区間	第3区間	第4区間	第5区間	第6区間	第7区間
管外径	$B_c(m)$	1.78	1.78	1.78				
推進管有効長	$L_p(m)$	2.43	2.43	2.43				
直線延長	$L(m)$	30	0	50				
曲線延長	$CL(m)$	0	50	0				
曲線半径	$R(m)$	0	150	0				
摩擦係数	$k$	0.5	0.5	0.5				
区間推進管折れ角	( $^{\circ}$ )	0.000	0.934	0.000				
累計推進管折れ角	( $^{\circ}$ )	0.934	0.934	0.000				
曲線部推進管本数	$n(\text{本})$	0.000	20.576	0.000				
推進抵抗増加率	$K$	1.008	1.008	1.000				
	$K^n$	1.000	1.178	1.000				
推進抵抗比率		1.000	1.091	1.000				
直線部	$L \cdot f_o$	1409.670		2349.450				
曲線部	$CL \cdot f_o \cdot$		2563.250					
初期抵抗力	$F_o(kN)$	0.000	0.000	1013.159				
推進抵抗値	$F(kN)$	7934.608	6524.938	3362.609				
推進延長	( $m$ )	130.000	100.000	50.000				
元押ジャッキ判定		OK	OK	OK				

従って元押ジャッキ推進延長は 7934.608 7939.1で許容推進延長  $L_a = 130.000m$ となる。

中押をする場合の元押ジャッキ許容推進延長の計算

許容推力  $F_r = 7939.100 \text{ kN}$  を満足する推進延長を試算して求める。  
 先端抵抗力  $F_0=0$  とすると以下のようになる。

推進力算出地点	発進	第1区間	第2区間	第3区間	第4区間	第5区間	第6区間	第7区間
管外径	$B_c(m)$	1.78	1.78	1.78	1.78			
推進管有効長	$L_p(m)$	2.43	2.43	2.43	2.43			
直線延長	$L(m)$	30	0	65	0			
曲線延長	$C_L(m)$	0	50	0	6			
曲線半径	$R(m)$	0	150	0	150			
摩擦係数	$k$	0.5	0.5	0.5	0.5			
区間推進管折れ角	( $^{\circ}$ )	0.000	0.934	0.000	0.934			
累計推進管折れ角	( $^{\circ}$ )	0.934	0.934	0.934	0.934			
曲線部推進管本数	$n(\text{本})$	0.000	20.576	0.000	2.469			
推進抵抗増加率	$K$	1.008	1.008	1.008	1.008			
	$K^n$	1.000	1.178	1.000	1.020			
推進抵抗比率		1.000	1.091	1.000	1.014			
直線部	$L \cdot f_0$	1409.670		3054.285				
曲線部	$C_L \cdot f_0 \cdot$		2563.250		285.881			
初期抵抗力	$F_0(kN)$							
推進抵抗値	$F(kN)$	7908.167	6498.497	3340.166	285.881			
推進延長	( $m$ )	151.000	121.000	71.000	6.000			
元押ジャッキ判定		OK	OK	OK	OK			

従って元押ジャッキ推進延長は  $7908.167 / 7939.1$  で許容推進延長  $L_a=151.0m$  となる。

#### 4. 中押工法の検討

##### 1) 先端中押しの推進延長

推進方向の推進許容耐荷力 7939.100 kN

中押工法の推進設備

中押ジャッキ最大設備推進力 7000 kN

中押ジャッキ最大設備の有効推進力は、最大設備容量を1.00で除した値とする。

$$F_{ne}=7,000/1.00=7000 \text{ kN}$$

許容中押し推進力は、を比較して小さい方を採用する。

許容推力  $F_r=7000 \text{ kN}$  を満足する推進延長を試算して求める。

推進力算出地点	発進	第1区間	第2区間	第3区間	第4区間	第5区間	第6区間	第7区間
管外径	Bc(m)			1.78	1.78	1.78		
推進管有効長	Lp(m)			2.43	2.43	2.43		
直線延長	L(m)			65	0	25		
曲線延長	CL(m)			0	30	0		
曲線半径	R(m)			0	150	0		
摩擦係数	k			0.5	0.5	0.5		
区間推進管折れ角	(°)			0.000	0.934	0.000		
累計推進管折れ角	(°)			0.934	0.934	0.000		
曲線部推進管本数	n(本)			0.000	12.346	0.000		
推進抵抗増加率	K			1.008	1.008	1.000		
	$K^n$			1.000	1.103	1.000		
推進抵抗比率				1.000	1.055	1.000		
直線部	$L \cdot fo$			3054.285		1174.725		
曲線部	$CL \cdot fo \cdot$				1487.202			
初期抵抗力	Fo(kN)			0.000	0.000	1013.159		
推進抵抗値	F(kN)			6955.547	3901.262	2187.884		
推進延長	(m)			120.000	55.000	25.000		
元押ジャッキ判定				OK	OK	OK		

従って先端中押ジャッキ推進延長は 6955.547 7000で許容推進延長  $L_a=120.0\text{m}$ となる。

元押し許容推進延長 151.000

中押し許容推進延長 120.000

計 271.000

したがって、推進延長 200.000 mを満足するため中押し段数は1段とする。

5. 曲線部の外圧による推進力の検討

BC点では曲線が始まることにより、推進力に対する地盤反力ベクトルが管側圧となって発生する。

$$F_{BC} \cdot \sin \theta = 2 \cdot L_a / 2 \cdot L_a \cdot 2 \cdot r \cdot q_a \quad (\text{下水道推進工法の指針と解説2003年版 P120})$$

ここに、

$F_{BC}$  : 推進力(kN)

$L_a$  : 影響範囲長(m) =  $L_p /$

$r$  : 管厚中心半径(m)

$$\text{影響範囲係数} = -13.917 \cdot R_t - 0.579 \cdot R_L + 10.506 \cdot R_t \cdot R_L + 2.033 \quad (1.0)$$

$R_t$  : 管厚比 =  $t / D = 0.093$

$R_L$  : 管長比 =  $L_p / D$

$q_a$  : 管にかかる等分布側圧 =  $M_r / 0.239r^2$

管の抵抗モーメント  $M_r = 0.318 \times P \times r + 0.239 \times W \times r$

安全率を1.5とし許容推進力  $F_{abc} = 2 \cdot L_a \cdot r \cdot q_a / (1.5 \cdot \sin \theta)$  を計算する。

推進力算出地点	第1区間	第2区間	第3区間	第4区間	第5区間	第6区間	第7区間
発進		BC1		BC2			
呼び径 (mm)	1500	1500	1500	1500	1500		
管種	1	1	1	1	1		
	1.384	1.384	1.384	1.384	1.384		
影響範囲長 $L_a$ (m)	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76		
管厚中心半径 $r$ (m)	0.820	0.820	0.820	0.820	0.820		
推進管折れ角度 (°)		0.934		0.934			
管の外圧強さ $P$ (kN/m)	50.100	50.100	50.100	50.100	50.100		
管の重量 $W$ (kN)	17.330	17.330	17.330	17.330	17.330		
管の抵抗モーメント $M_a$ (kN・m)	16.460	16.460	16.460	16.460	16.460		
等分布側圧 $q_a$ (kN/m <sup>2</sup> )	89.016	102.425	89.016	102.425	89.016		
許容推進力 $F_{abc}$ (kN)		8529.209		8529.209			
BC点発生推進力 $F_{BC}$ (kN)		6524.938		3901.262			
判定		OK		OK			

6. 推進管目地の開口長の検討

曲線部では推進管継手部の目地が開く。目地の開口長が許容地を超えると継ぎ手の止水性が損なわれるため各曲線部の開口長さの検討を以下により確認する。

$$S1 = L \cdot D / (Ro - D/2)$$

(下水道推進工法の指針と解説2003年版 P116)

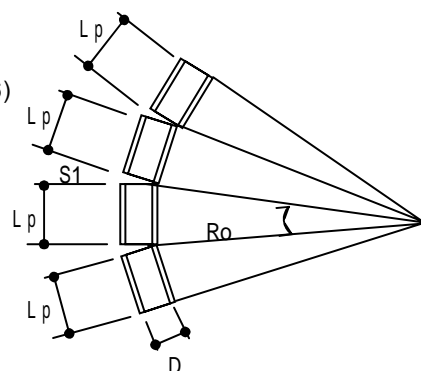
ここに、

$S1$  : 外側の開口長さ(m)

$L$  : 推進管の有効長(m/本)

$D$  : 推進管の外径(m)

$Ro$  : 曲線半径(m)



推進力算出地点	第1区間	第2区間	第3区間	第4区間	第5区間	第6区間	第7区間
発進		BC1		BC2			
呼び径 (mm)	1500	1500	1500	1500	1500		
推進管単位長 $L_a$ (m)	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43		
推進管外径 $D$ (m)	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78		
曲線半径 $Ro$ (m)		150		150			
外側の開口長さ $S1$ (mm)		29.0		29.0			

開口長 S1 の限度は、管にかかる水圧、土質、推進曲線半径、管径及び下記資料等を総合的に判断して定める。

JSWAS A-2-1999 で規定する許容開口長（H.11年改訂）

継ぎ手性能（呼び径800-3,000mm）

区分	水圧（MPa）（kN/cm <sup>2</sup> ）	抜け出し長（mm）
J A	0.1      (0.01)	30
J B	0.2      (0.02)	40
J C	0.2      (0.02)	60

JA：標準管：E形管

JB：標準Wジョイント管

JC：NS管、及び高耐水圧用Wジョイント管

地下水圧                      0.054（MPa）                      30（mm）  
最大外側の開口長さ              29.0（mm）                      30（mm）  
土質                      砂質土～粘性土

上記条件、及び資料より判断して、許容開口長は、 mmとする。

したがって、抜け出し長を満足する JA管 を採用する。