

## 入力画面

## 下水協会提案式(小口径管推進工法、低耐荷力方式)

圧入・泥水・泥土圧・オーガ方式一工程式に適用する。

工事名 薬円台地区管渠布設工事(その5)

工事概要 呼び径 300 推進延長 67.600 m 呼び径を入力すると、管外径が自動入力。

Bc: 管外径(m) 0.318 (m)

f<sub>0</sub>: 土質 砂混じりシルト 右枠より土質を選択  ー  砂混じり粘土  砂混じりシルト  中細砂  硬質土・礫質土

: 土の内部摩擦係数(度) 15 ° 摩擦角を入力すると、N値、付着力が

N: 標準貫入試験から求めたN値 4 自動的に入力される。

: 土の単位体積重量 18 kN/m<sup>3</sup>

L: 推進延長 67.600 (m)

c': 管と土の付着力 10 kN/m<sup>3</sup>

### 標準的な土質とその特性値

土質	特性値 (度)	c kN/m <sup>2</sup>	N	c' kN/m <sup>2</sup>	K・μ	μ'
軟弱土	15	25	4	10	0.2679	0.1317
普通土	20	62.5	10	5	0.3640	0.1763
普通土	30	0	15	0	0.5774	0.2679
硬質土	40	0	30	0	0.8391	0.3640

表中、 $\alpha$  は土の内部摩擦角、Nは標準貫入試験によるN値、C'は管と土の付着力、Kは、テルツァギーの側方土圧係数(K=1)、 $\mu$ は土の摩擦係数( $=\tan \alpha$ )、 $\mu'$ は管と土との摩擦係数( $\tan \alpha/2$ )を示す。

c: 土の粘着力 25 kN/m<sup>3</sup> 粘性土の場合6.25N、砂質土 c = 0

H: 土被り 5.25 (m)

### リブカラー付直管の諸元

呼び径	管厚 t (m)	管中心半径 r (m)	管外径 Bc	断面係数 Z (10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /m)	断面2次モーメント I (10 <sup>-6</sup> m <sup>4</sup> /m)
200	0.0070	0.10450	0.216	8.17	0.0286
250	0.0084	0.12930	0.267	11.76	0.0494
300	0.0090	0.15405	0.318	16.34	0.0809
350	0.0112	0.17940	0.370	20.91	0.1171
400	0.0126	0.20370	0.420	26.46	0.1667
450	0.0141	0.22795	0.470	33.14	0.2336

### SUSカラー付直管・スパイラル継手付直管の諸元

呼び径	管厚 t (m)	管中心半径 r (m)	管外径 Bc	断面係数 Z (10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /m)	断面2次モーメント I (10 <sup>-6</sup> m <sup>4</sup> /m)
150	0.0096	0.07770	0.165	15.36	0.0737
200	0.0110	0.10250	0.216	20.17	0.1109
250	0.0136	0.12670	0.267	30.83	0.2096
300	0.0162	0.15090	0.318	43.74	0.3543
350	0.0153	0.17735	0.370	39.02	0.2985
400	0.0173	0.20135	0.420	49.88	0.4315
450	0.0194	0.22530	0.470	62.78	0.6084
500	0.0214	0.24930	0.520	76.33	0.8167

1.鉛直方向の設計

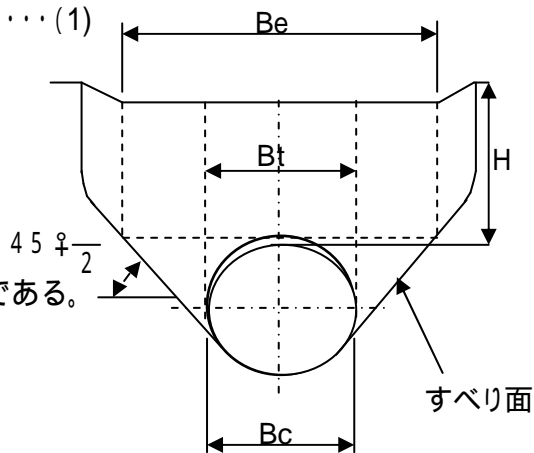
(1)等分布荷重

管にかかる等分布荷重は、次の式(1)のような2種類の荷重の総和である。

$$q = w + p \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

- q : 管にかかる等分布荷 (kN/m<sup>2</sup>)
- w : 土による鉛直等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- p : 活荷重 (kN/m<sup>2</sup>)



1)土による鉛直等分布荷重

土による鉛直等分布荷重を求めると、式(2)のとおりである。

$$W = \left[ -\frac{2c}{Be} \right] Ce \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Ce = \frac{1}{\left[ \frac{2K \cdot \mu}{Be} \right]} \left\{ 1 - e^{-\left[ \frac{2K \cdot \mu}{Be} \right] H} \right\}$$

$$Be = Bt \left\{ \frac{1 + \sin\left(45^\circ - \frac{\mu}{2}\right)}{\cos\left(45^\circ - \frac{\mu}{2}\right)} \right\}$$

$$Bt = Bc + 0.1$$

ここに、

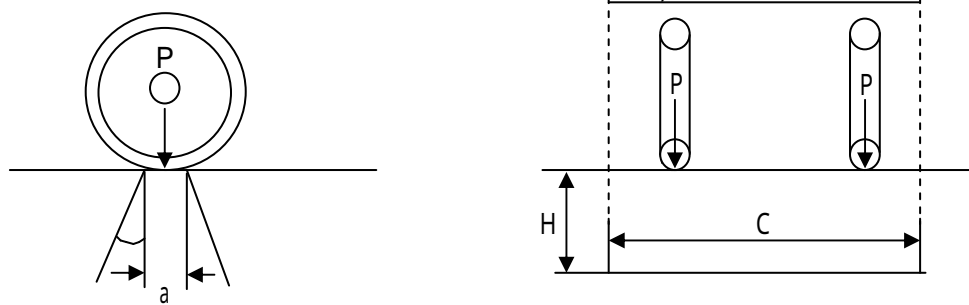
- Bc : 管外径 (m) 0.318
- Ce : テルツァギーの土荷重の係数 (m)
- K : テルツァギーの側方土圧係数 1  
(テルツァギーは実験研究の結果から、沈下する幅の中央上部でK=1としている。)
- $\mu$  : 土の内部摩擦角(度) 15
- $\mu$  : 土の摩擦係数(=tan ) tan 15 ° 0.2679
- H : 土被り(m) 5.25
- w : 土による鉛直等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\mu$  : 土の単位体積重量 (kN/m<sup>2</sup>) 18
- c : 土の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>) 25
- Be : 土のゆるみ幅 (m)
- Bt : トンネル直径 (m)

$$\begin{aligned}
 Bt &= Bc + 0.1 \\
 &= 0.318 + 0.1 = 0.418 \text{ (m)} \\
 Be &= Bt \left\{ \frac{1 + \sin(45^\circ - \mu/2)}{\cos(45^\circ - \mu/2)} \right\} \\
 &= 0.418 \left\{ \frac{1 + \sin(45^\circ - 15/2)}{\cos(45^\circ - 15/2)} \right\} \\
 &= 0.418 \left\{ \frac{1 + \sin 37.5}{\cos 37.5} \right\} \\
 &= 0.418 \left\{ \frac{1 + 0.6088}{0.7934} \right\} \\
 &= 0.848 \text{ (m)} \\
 Ce &= \frac{1}{\left( \frac{2K \cdot \mu}{Be} \right)} \times \left\{ 1 - e^{-\left( \frac{2K \cdot \mu}{Be} \right) H} \right\} \\
 &= \frac{1}{\left( \frac{2 \cdot 1 \cdot 0.2679}{0.848} \right)} \times \left\{ 1 - e^{-\left( \frac{0.6322}{0.848} \right) \times 5.25} \right\} \\
 &= \frac{1}{0.6322} \times \left\{ 1 - 0.0362 \right\} \\
 &= 1.524 \text{ (m)} \\
 w &= \left( -\frac{2c}{Be} \right) Ce \\
 &= \left( \frac{-2 \cdot 25}{0.848} \right) \cdot 1.524 \\
 &= 0.000 \text{ kN/m}^2 \text{ (計算値がマイナスの場合は、0とする。)}
 \end{aligned}$$

## 2) 活荷重

設計自動車荷重を25tとしている。

活荷重は、下図のように地中に分布するものとして、式(E)により求める。



輪荷重の分布

$$p = 2P ( 1 + i ) \times \quad / \quad C ( a + 2 H \cdot \tan \quad ) \cdots \cdots (2)$$

ここに、

- p : 活荷重 kN/m<sup>2</sup>(tf/m<sup>2</sup>)
- H : 土被り(m) 5.3
- P : 後輪荷重 98kN (= 10tf) 98
- a : タイヤの接地長 (= 0.2m)
- C : 車輦の占有幅 (= 2.75m)
- : 荷重の分布角 (一般に45°)
- i : 衝撃係数 (下表1-1)
- : 低減係数 (下表1-2)

表1-1 衝撃係数

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

表1-2 断面力(断面を考慮した)低減係数

	土被りH 1mかつ 内径B 4mの場合	左記以外の 場合
	1.0	0.9

$$i = 0.65 - 0 \times 5.25 = 0.125$$

$$p = 2P ( 1 + i ) \times \quad / \quad C ( a + 2 H \cdot \tan \quad )$$

$$= 2 \times 98 ( 1 + 0.125 ) \times 1 / 2.75 ( 0.2 + 2 \times 5.3 \times 1 )$$

$$= ( 196 \times 1.125 \times 1 ) / ( 2.75 \times 10.7 )$$

$$= 6.744 \text{ kN/m}^2$$

$$q = w + p$$

$$= 0.000 + 6.744$$

$$= 6.744 \text{ kN/m}^2$$

(2)鉛直方向の管の耐荷力(応力とたわみ率)

塩ビ推進管の鉛直方向の耐荷力の検討は、管に作用する等分布荷重によって発生する曲げ応力とたわみ率を計算し、これらがいずれも次の許容値を満足することを確認する手法による。

許容曲げ応力と許容たわみ率

種類	許容曲げ応力 a	許容たわみ率 Va
リップカラー付直管	18,000 KN/m <sup>2</sup>	5%
SUSカラー付直管		3%
スパイラル継手付直管		

1)曲げ応力

鉛直土圧により管に発生する曲げ応力は式(3)のとおりである。

$$= \frac{M}{Z} \dots\dots\dots(3)$$

$$M = 0.275 \cdot q \cdot r^2$$

$$r = \frac{D - t}{2}$$

ここに、

- ： 等分布荷重により管に発生する曲げ応力(KN/m<sup>2</sup>)
- M : 等分布荷重により管に発生する曲げモーメント(KN/m<sup>2</sup>)
- Z : 断面係数(m<sup>3</sup>/m) (t<sup>2</sup>/6)                      下表より      0.00004374
- q : 管にかかる等分布荷重(KN/m<sup>2</sup>)
- r : 管中心半径(m)                                      下表より      0.15090
- D : 管外径(m)    0.318
- t : 管厚(m)     0.0162

曲げモーメント係数は、より安全をみて、「下水道硬質塩化ビニル管道路埋設指針」の中の曲げモーメント計算式の管側土圧を考慮しない数値を採用している。

下表より

$$\begin{aligned}
 M &= 0.275 \cdot q \cdot r^2 \\
 &= 0.275 \times 6.744 \times 0.15090^2 \\
 &= 0.042232404 \\
 &= \frac{M}{Z} \\
 &= \frac{0.042232404}{0.00004374} \\
 &= 966 \text{ (KN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

よって a (=18,000) > ( 966 )となり、許容曲げ応力を満足する。

2)たわみ率

等分布荷重による鉛直方向のたわみ率は式(4)のとおりである。

$$= 0.176 \times \frac{q + r^4}{E \cdot I} \dots\dots\dots(4)$$

$$V = \frac{\quad}{2 \times r} \times 100$$

ここに、

- ： 等分布荷重によるたわみ量 (m)
- V : たわみ率 (%)
- q : 等分布荷重 (KN/m<sup>2</sup>)
- E : 弾性係数 (= 294 × 10<sup>4</sup>KN/m<sup>2</sup>)
- I : 周方向断面2次モーメント (m<sup>4</sup>/m)
- r : 管中心半径 (m)

$$= 0.176 \times \frac{q \cdot r^4}{E \cdot I}$$

$$= 0.176 \times \frac{6.744 \cdot 0.15090^4}{2940000 \cdot 3.543E-07}$$

$$= 0.176 \times \frac{0.003496967}{1.041642}$$

$$= 0.176 \times 0.003357168$$

$$= 0.000590862$$

$$V = \frac{\delta}{2 \times r} \times 100$$

$$= \frac{0.00059086}{2 \times 0.15090} \times 100$$

$$= 0.20 \%$$

よって V<sub>a</sub> (= 3%) > V ( 0.20 % ) となり、たわみ率を満足する。

#### リップカラー付直管の諸元

呼び径	管厚 t (m)	管中心半径 r (m)	管外径 Bc (m)	断面係数 Z (10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /m)	断面2次モーメント I (10 <sup>-6</sup> m <sup>4</sup> /m)	許容耐荷力 KN (tf)
200	0.0070	0.10450	0.216	8.17	0.0286	83.7 8.5
250	0.0084	0.12930	0.267	11.76	0.0494	140.3 14.3
300	0.0090	0.15405	0.318	16.34	0.0809	182.4 18.6
350	0.0112	0.17940	0.370	20.91	0.1171	259.7 26.4
400	0.0126	0.20370	0.420	26.46	0.1667	310.8 31.7
450	0.0141	0.22795	0.470	33.14	0.2336	370.4 37.7

#### SUSカラー付直管・スパイラル継手付直管の諸元

呼び径	管厚 t (m)	管中心半径 r (m)	管外径 Bc (m)	断面係数 Z (10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> /m)	断面2次モーメント I (10 <sup>-6</sup> m <sup>4</sup> /m)	許容耐荷力 KN (tf)
150	0.0096	0.07770	0.165	15.36	0.0737	62.4 6.3
200	0.0110	0.10250	0.216	20.17	0.1109	111.6 11.3
250	0.0136	0.12670	0.267	30.83	0.2096	204.1 20.8
300	0.0162	0.15090	0.318	43.74	0.3543	322.2 32.8
350	0.0153	0.17735	0.370	39.02	0.2985	347.7 35.4
400	0.0173	0.20135	0.420	49.88	0.4315	476.1 48.5
450	0.0194	0.22530	0.470	62.78	0.6084	628.8 64.1
500	0.0214	0.24930	0.520	76.33	0.8167	796.8 81.2

## 2.推進力

低耐荷力方式小口径管推進工法における推進力は、日本下水道協会提案式( )から求める。

$$F = F_0 + f_0 \cdot S \cdot L$$

ここに、

F : 推進力(KN)

F<sub>0</sub> : 先端抵抗力(KN)

ただし、先導体に作用する抵抗力を直接塩ビ管に伝達させずにケーシングに伝達し、塩ビ管には周面抵抗力のみを負担させるため、F<sub>0</sub> = 0とする。

f<sub>0</sub> : 周面抵抗力係数(KN/m<sup>2</sup>)

S : 管外周長(m)

L : 推進延長(m)

周面抵抗力係数f<sub>0</sub>は、土質によって異なるが、標準的には次表のとおりとする。

土質別f<sub>0</sub>値(KN/m<sup>2</sup>) (参考値)

管種 \ 土質	ローム	砂混じり粘土	砂混じりシルト	中細砂	硬質土・礫質土
硬質塩化ビニル管	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

$$F = F_0 + f_0 \cdot S \cdot L$$

$$= 0 + 2.0 \times 0.99852 \times 67.600$$

$$= 135 \text{ (KN)}$$