

## 入力画面 基本式(刃口推進工法の基本式)

工事名 18道新改第15号流末排水整備工事

工事概要 呼び径 1100 推進延長 45.700 m 呼び径を入力すると、管外径、管の重量自動的に入力される。  
 Bc: 管外径(m) 1.283 (m)  
 W: 管の単位体積重量 9.552 (kN)  
 : 土の内部摩擦係数(度) 15 ° 摩擦角を入力すると、N値、付着力が自動的に入力される。  
 N: 標準貫入試験から求めたN値 4  
 : 土の単位体積重量 18 kN/m<sup>3</sup>  
 L: 推進延長 45.700 (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<br>(度) | N  | c'<br>kN/m <sup>2</sup> | K・μ    | μ'     |
|-----|------------|----|-------------------------|--------|--------|
| 軟弱土 | 15         | 4  | 10                      | 0.2679 | 0.1317 |
| 普通土 | 20         | 10 | 5                       | 0.3640 | 0.1763 |
| 普通土 | 30         | 15 | 0                       | 0.5774 | 0.2679 |
| 硬質土 | 40         | 30 | 0                       | 0.8391 | 0.3640 |

表中、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)、μは土の摩擦係数(=tan )、μ'は管と土との摩擦係数(tan /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 2.81 (m)

### 下水道推進工法用鉄筋コンクリート管の諸元

| 呼び径<br>(内径) | 外径<br>Bc | 有効外径<br>D <sub>1</sub> | 差込み減<br>S | 有効長<br>L | 厚さ<br>T | 有効面積<br>Ae | 重量<br>W(KN) | 許容耐荷力(KN) |       |
|-------------|----------|------------------------|-----------|----------|---------|------------|-------------|-----------|-------|
|             |          |                        |           |          |         |            |             | 1種        | 2種    |
| 800         | 0.960    | 0.933                  | 1.5       | 2430     | 80      | 0.1766     | 5.139       | 2296      | 3038  |
| 900         | 1.080    | 1.053                  |           |          | 90      | 0.2297     | 6.723       | 2986      | 3951  |
| 1000        | 1.200    | 1.173                  |           |          | 100     | 0.2897     | 8.306       | 3766      | 4983  |
| 1100        | 1.310    | 1.283                  |           |          | 105     | 0.3365     | 9.552       | 4375      | 5788  |
| 1200        | 1.430    | 1.403                  |           |          | 115     | 0.4084     | 11.415      | 5309      | 7024  |
| 1350        | 1.600    | 1.563                  |           |          | 125     | 0.4800     | 13.916      | 6240      | 8256  |
| 1500        | 1.780    | 1.743                  |           |          | 140     | 0.6107     | 17.328      | 7939      | 10504 |
| 1650        | 1.950    | 1.913                  |           |          | 150     | 0.7270     | 20.378      | 9451      | 12504 |
| 1800        | 2.120    | 2.083                  |           |          | 160     | 0.8533     | 23.673      | 11093     | 14677 |
| 2000        | 2.350    | 2.313                  |           |          | 175     | 1.0494     | 28.733      | 13642     | 18050 |
| 2200        | 2.580    | 2.543                  |           |          | 190     | 1.2658     | 34.274      | 16455     | 21772 |
| 2400        | 2.810    | 2.763                  |           |          | 205     | 1.4590     | 40.305      | 18967     | 25095 |
| 2600        | 3.040    | 2.993                  |           |          | 220     | 1.7123     | 46.827      | 22260     | 29452 |
| 2800        | 3.270    | 3.223                  |           |          | 235     | 1.9858     | 53.839      | 25815     | 34156 |
| 3000        | 3.500    | 3.453                  |           |          | 250     | 2.2796     | 61.331      | 29635     | 39209 |

# 推進力計算書（刃口式推進工法基本式）

工事名 18道新改第15号流末排水整備工事

本式は推進工法における基本式を示す。

## 1. 推進力算定

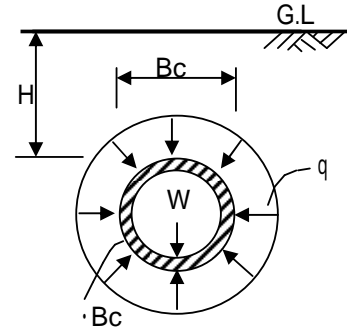
総推進力は、下記(A)に示す推進諸抵抗の総和で表される。

$$F = F_0 + \{ (\gamma \cdot B_c \cdot q + W) \mu + \gamma \cdot B_c \cdot c' \} L \dots (A)$$

ここに、

|                |                                   |         |
|----------------|-----------------------------------|---------|
| F              | : 総推進力 (kN)                       |         |
| F <sub>0</sub> | : 先端抵抗力 (kN)                      | 212.711 |
| B <sub>c</sub> | : 管外径 (m)                         | 1.283   |
| q              | : 管にかかる等分布荷重 (kN/m <sup>2</sup> ) |         |
| W              | : 管の単位重量 (kN/m)                   | 9.552   |
| μ              | : 管と土の摩擦係数                        |         |
| c'             | : 管と土の付着力 (kN/m <sup>2</sup> )    | 10      |
| L              | : 推進延長 (m)                        | 45.700  |

## 推進諸抵抗



総推進力(F)は、管の周囲(γ・B<sub>c</sub>)に等分布荷重(q)が働き、さらに管と土の付着力(c')は管の周囲(γ・B<sub>c</sub>)に働くものとした。さらに管の単位重量(W)による管と土との間の摩擦抵抗及び先端抵抗が加わるものとして計算する。

## (1) 先端抵抗

先端抵抗は、一般に先端刃先抵抗と呼ばれるものであり、標準貫入試験から求めたN値で表した式(B)を用いる。

$$F_0 = 10 \times 1.32 \times \gamma \cdot B_c \cdot N \text{ (kN)} \dots (B)$$

$$F_0 = 1.32 \times \gamma \cdot B_c \cdot N \text{ (tf)}$$

ここに、

|                |                  |              |
|----------------|------------------|--------------|
| F <sub>0</sub> | : 初期抵抗 (kN (tf)) | 212.711 (kN) |
| B <sub>c</sub> | : 管外径 (m)        | 1.283        |
| N              | : 標準貫入試験から求めたN値  | 4            |

$$F_0 = 10 \times 1.32 \times 3.14 \times 1.283 \times 4 = 212.711 \text{ (kN)}$$

## (2) 等分布荷重

管にかかる等分布荷重は、次の式(C)のような2種類の荷重の総和である。

$$q = w + p \dots (C)$$

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

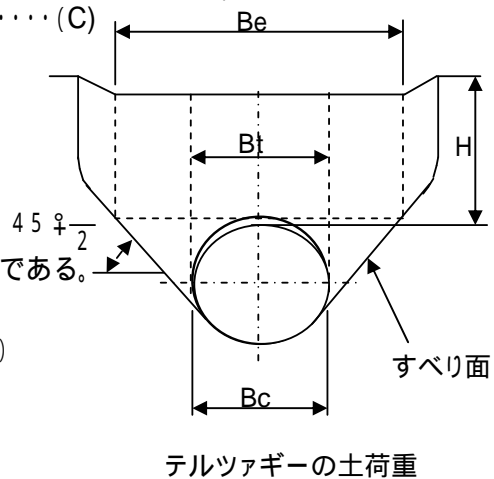
土による鉛直等分布荷重を求めると、式(D)のとおりである。

$$w = \left[ - \frac{2C}{B_e} \right] C_e \dots (D)$$

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

$$B_e = B_t \left\{ \frac{1 + \sin \left( 45^\circ - \frac{\gamma}{2} \right)}{\cos \left( 45^\circ - \frac{\gamma}{2} \right)} \right\}$$

$$B_t = B_c + 0.1$$



ここに、

|    |   |                   |
|----|---|-------------------|
| w  | : 土による鉛直等分布荷重 (kN/m <sup>2</sup> )      |                   |
|    | : 土の単位体積重量 (kN/m <sup>3</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)                            |                   |
| Bc | : 管外径 (m)                               | 1.283             |
| 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。) |                   |
|    | : 土の内部摩擦角(度)                            | 15 °              |
| μ  | : 土の摩擦係数(=tan )                         | tan 15 ° = 0.2679 |
| H  | : 土被り(m)                                | 2.81              |

$$B_t = B_c + 0.1$$

$$= 1.283 + 0.1 = 1.383 \text{ (m)}$$

$$B_e = B_t \left\{ \frac{1 + \sin \left( 45^\circ - \frac{15}{2} \right)}{\cos \left( 45^\circ - \frac{15}{2} \right)} \right\}$$

$$= 1.38 \left\{ \frac{1 + \sin 37.5}{\cos 37.5} \right\}$$

$$= 1.38 \left[ \frac{1.6088}{0.7934} \right]$$

$$= 2.804 \text{ (m)}$$

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

$$= \frac{1}{\left[ \frac{2 \cdot 1 \cdot 0.2679}{2.804} \right]} \left\{ 1 - e^{-\left[ \frac{2 \cdot 1 \cdot 0.2679}{2.804} \right] 2.81} \right\}$$

$$= \frac{1}{0.1911} \left[ 1 - e^{-0.5370} \right]$$

$$= 5.233 (1 - 0.5845)$$

$$= 2.174 \text{ (m)}$$

$$W = \left[ - \frac{2 c}{B_e} \right] C_e$$

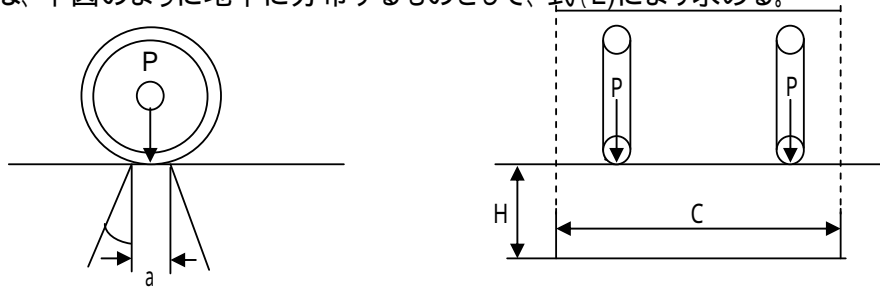
$$= \left[ 18 - \frac{2 \cdot 25}{2.804} \right] 2.174$$

$$= 0.372 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

## 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

$$p = \frac{2P(1+i) \times}{C(a+2H \cdot \tan \alpha)} \quad \dots\dots\dots(E)$$

ここに、

- p : 活荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- H : 土被り(m) 2.8
- P : 後輪荷重 (kN) 98
- a : タイヤの接地長 (= 0.2m)
- C : 車輛の占有幅 (= 2.75m)
- α : 荷重の分布角 (一般に45°)
- i : 衝撃係数 (下表1-1)
- λ : 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

| 断面力 | 土被りH 1mかつ<br>内径B 4mの場合 | 左記以外の<br>場合 |
|-----|------------------------|-------------|
|     |                        | 1.0         |

$$i = 0.65 - 0.1 \times 2.81 = 0.369$$

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

$$= \frac{2 \times 98 \times (1 + 0.369)}{2.75 \times (0.2 + 2 \times 2.81 \times 1)}$$

$$= \frac{241.4916}{16.0050}$$

$$= 15.089$$

$$q = w + p$$

$$= 0.372 + 15.089$$

$$= 15.461 \text{ kN/m}^2$$

(3) 管と土の摩擦係数

管と土の摩擦係数は式(F)で表される。

$$\mu' = \tan \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots(F)$$

ここに、

- μ' : 管と土の摩擦係数
- α : 管と土の摩擦角(度) (全断面加圧に付き α = 15°と仮定する)
- φ : 土の内部摩擦角(度)

$$\begin{aligned} \mu' &= \tan(15 / 2) \\ &= \tan 7.5^\circ \\ &= 0.132 \end{aligned}$$

(4) 管と土の付着力

管と土の付着力(C')は、粘性土の場合には粘着力が大きくなると付着力は粘着力より小さくなる。一般に管と土の付着力は、大きとも10kN/m<sup>2</sup>程度と考えてよい。

標準的な土質とその特性値

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

表中、φ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)、μは土の摩擦係数(=tan φ)、μ'は管と土との摩擦係数(tan φ/2)を示す。

$$\begin{aligned} F &= F_0 + \{ ( \gamma \cdot Bc \cdot q + W ) \mu' + \gamma \cdot Bc \cdot C' \} L \\ &= \text{#####} + \{ ( 3.14 \times 1.283 \times 15.461 + 9.552 ) \cdot 0.1317 \\ &\quad + 3.14 \times 1.283 \times 10 \} \cdot 45.700 \\ &= \text{#####} + \{ ( 71.837 \times 0.1317 ) + ( 40.2862 ) \} \cdot 45.700 \\ &= \text{#####} + 2273.289 \\ &= 2486 \text{ kN} \qquad \qquad \qquad 254 \text{ (tf)} \end{aligned}$$

## 2. 推進設備の検討

(1) 推進方向の管の許容耐荷力 ( $F_a$ )

$$F_a = 1000 \times m_a \times A_e \quad (\text{kN})$$

ここに、

$F_a$ : 管の許容耐荷力 (kN)

$m_a$ : コンクリートの許容平均圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$A_e$ : 管の有効断面積 ( $\text{m}^2$ )

1 コンクリートの許容平均圧縮応力度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

推進管の管体コンクリートの圧縮強度の求め方は J S W A S A - 2 規格の場合、 $49.1 \text{N}/\text{mm}^2$  を原則としている。

これから、許容平均圧縮応力度 ( $m_a$ ) =  $13 \text{N}/\text{mm}^2$

2 管の有効断面積

設計に用いる管の有効断面積 ( $A_e$ ) は、ゴム輪用溝部における管の断面積とする。

管の有効断面積 (呼び径 1100)

$$\begin{aligned} A_e &= \{ (D_1 - 2S)^2 - D^2 \} / 4 \\ &= \{ (1283 - 3)^2 - 1100^2 \} \cdot 3.1415 / 4 \\ &= 336454.7 \text{ mm}^2 \quad 0.3365 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

推進方向の管の許容耐荷力

$$\begin{aligned} F_a &= 1000 \times m_a \times A_e \quad (\text{kN}) \\ &= 1000 \times 13 \times 0.3365 \\ &= 4375 \text{ kN} \end{aligned}$$

よって  $F_a$  (4375) >  $F$  (2486) となり、総推進力は管の許容耐荷力内に収まる。