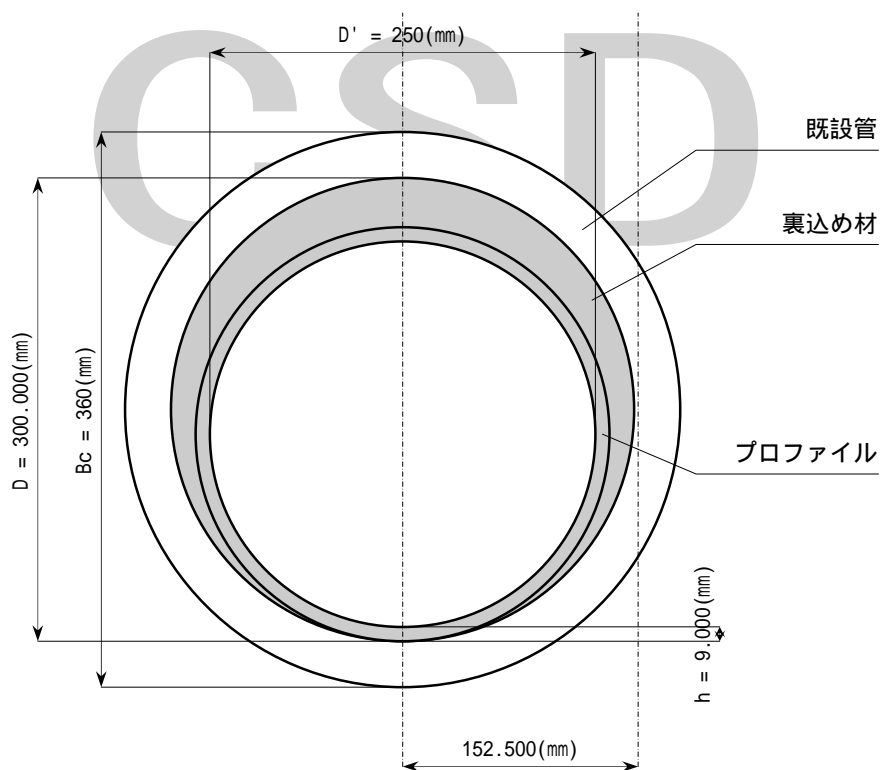


下水道協会式

## 1. 設計条件

### (1) 概要図



### (2) 埋設条件

土被り H(m)	土の単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	土の内部摩擦角 (°)	掘削溝幅 Bd(m)	土の変形係数 Eg(kN/m <sup>2</sup> )	基礎地盤の変形係数 Eo(kN/m <sup>2</sup> )
2.5	18.0	30	1.0	30000	28000

### (3) 既設管条件

#### 1) 諸元

管種		下水道用鉄筋コンクリート管 B形管	
呼び径			300
外径	Bc(mm)		360
	D(mm)		300
管厚	T(mm)		30
配筋(外側)	鉄筋量 As1(mm <sup>2</sup> /m)		-
	かぶり d1(mm)		-
配筋(内側)	鉄筋量 As2(mm <sup>2</sup> /m)		120.67
	かぶり d2(mm)		18.5

## 2)材料条件

コンクリート			鉄筋		
材料名	材料強度 f'ck(N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 c(kN/m <sup>3</sup> )	材料名	材料強度 fyk(N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 Es(N/mm <sup>2</sup> )
30	30.0	24.50	SD295	295.0	200000

## 3)基礎支承角条件

基礎支承	支承角(°)
自由支承	60

## (4)更生条件

### 1)更生管の設置位置

管径 D'(mm)	設置位置タイプ	既設管管底(内面)から更生管管底(内面)までの距離 h(mm)
250	管底に設置	9.000

### 2)プロファイルの材料条件

材料名	硬質塩化ビニル材				
	ピッチ (mm)	厚さ (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )
サンプルプロファイル2	90.0	9.0	291.28	39.2	2350

スチール補強材					
有 無	かぶり (mm)	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )	材料強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
有	4.5	38.2	270	165000	90

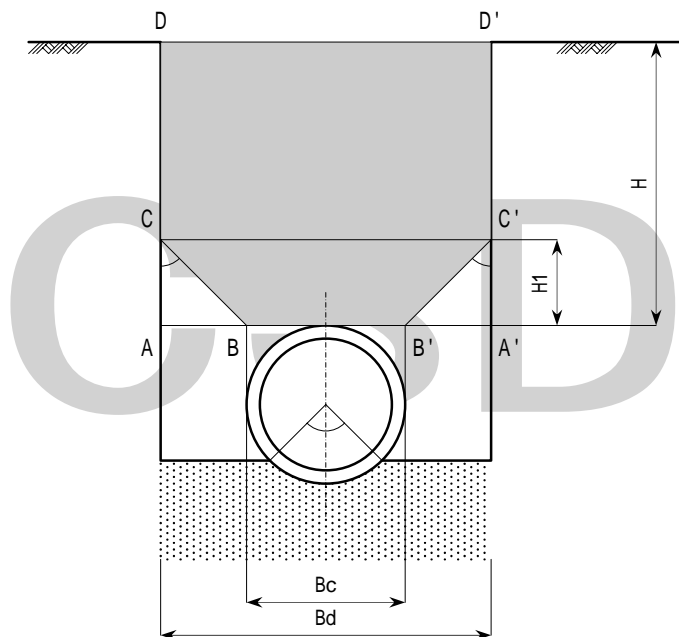
### 3)裏込め材の材料条件

材料名	材料強度 f'ck(N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 c(kN/m <sup>3</sup> )
サンプルモルタル1	11.8	1.20

## 2. 鉛直等分布荷重

### (1) 鉛直土圧

鉛直土圧は下水道協会式により求める。



矢板引き抜きを行わない場合の砂基礎の計算  
砂基礎  $H > H_1$  の場合

埋戻し管にかかる鉛直土圧  $w$  は、次式によって求める。  
ただし、土被り  $H = 2.5(\text{m})$  の場合の計算を示す。

$$H_1 = \frac{Bd - Bc}{2 \cdot \tan \theta}$$

$$= \frac{1.0 - 0.360}{2 \times \tan 30}$$

$$= 0.554(\text{m})$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \cdot \left( \frac{Bc \cdot \sin \theta}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$= \frac{28000}{0.3} \times \left( \frac{0.360 \times \sin 30}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$= 136906.270(\text{kN/m}^3)$$

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \cdot \left( \frac{H_1 \cdot \tan \theta}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$= \frac{28000}{0.3} \times \left( \frac{0.554 \times \tan 30}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$$= 88954.078(\text{kN/m}^3)$$

$$A_2 = \frac{1}{K_{02}} + \frac{Bc}{2 \cdot E_g} \cdot (1 + \cos \theta)$$

$$= \frac{1}{88954.078} + \frac{0.360}{2 \times 30000} \times (1 + \cos 30)$$

$$= 0.0000224$$

$$\begin{aligned}
^2 &= \frac{A_2}{A_2 + H_1 \cdot \tan \theta / (K_{01} \cdot Bc \cdot \sin \theta)} \\
&= \frac{0.0000224}{0.0000224 + 0.554 \times \tan 30 / (136906.270 \times 0.360 \times \sin 30)} \\
&= 0.6331375
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_{01} &= \frac{E_0}{0.3} \cdot \left( \frac{Bc \cdot \sin \theta}{0.3} \right)^{-3/4} \\
&= \frac{28000}{0.3} \times \left( \frac{0.360 \times \sin 30}{0.3} \right)^{-3/4} \\
&= 136906.270 (\text{kN/m}^3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_{02} &= \frac{E_0}{0.3} \cdot \left( \frac{Bd - Bc}{0.3} \right)^{-3/4} \\
&= \frac{28000}{0.3} \times \left( \frac{1.0 - 0.360}{0.3} \right)^{-3/4} \\
&= 52874.069 (\text{kN/m}^3)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_3 &= \frac{1}{K_{02}} + \frac{Bc}{2 \cdot E_g} \cdot (1 + \cos \theta) \\
&= \frac{1}{52874.069} + \frac{0.360}{2 \times 30000} \times (1 + \cos 30) \\
&= 0.0000301
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
^3 &= \frac{A_3}{A_3 + (Bd - Bc) / (K_{01} \cdot Bc \cdot \sin \theta)} \\
&= \frac{0.0000301}{0.0000301 + (1.0 - 0.360) / (136906.270 \times 0.360 \times \sin 30)} \\
&= 0.5368220
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cd_{H1} &= \frac{1 - \exp(-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H_1 / Bd)}{2 \cdot K \cdot \mu} \\
&= \frac{1 - \exp(-2 \times 0.333 \times 0.291 \times 0.554 / 1.0)}{2 \times 0.333 \times 0.291} \\
&= 0.525
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Cd &= \frac{1 - \exp(-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H / Bd)}{2 \cdot K \cdot \mu} \\
&= \frac{1 - \exp(-2 \times 0.333 \times 0.291 \times 2.5 / 1.0)}{2 \times 0.333 \times 0.291} \\
&= 1.981
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
w &= \frac{1}{Bc} \cdot \left\{ Bd \cdot \left\{ Cd_{H1} \cdot (Bc + H_1 \cdot \tan \theta) \cdot ^2 + (Cd - Cd_{H1}) \cdot Bd \cdot ^3 \right\} \right. \\
&= 1.1 \times \frac{1}{0.360} \times 18.0 \times 1.0 \times \left\{ 0.525 \times (0.360 + 0.554 \times \tan 30) \right. \\
&\quad \left. \times 0.6331375 + (1.981 - 0.525) \times 1.0 \times 0.5368220 \right\} \\
&= 55.418 (\text{kN/m}^2)
\end{aligned}$$

ここに、

w : 鉛直土圧(kN/m<sup>2</sup>)

: 補正係数(=1.1)

H : 土被り

Bd : 掘削溝幅

Bc : 管外径

: 有効支承角の 1/2

: 土の単位体積重量

: 土の内部摩擦角

K : 土の主動土圧係数

H = 2.5(m)

Bd = 1.0(m)

Bc = 0.360(m)

= 60/2

= 30(°)

= 18.0(kN/m<sup>3</sup>)

= 30(°)

K = tan<sup>2</sup>(45 - /2)

= tan<sup>2</sup>(45 - 30/2)

= 0.333

$\mu$ : 溝壁と土の摩擦係数(=tan )	$\mu = \tan$
	= tan16.200
	= 0.291
: 溝壁と土の摩擦角	= 16.200(°)
鋼矢板	= 0.54 = 0.54 × 30
Eg : 土の変形係数	Eg = 30000(kN/m <sup>2</sup> )
Eo : 基礎地盤の変形係数	Eo = 28000(kN/m <sup>2</sup> )
<sub>2</sub> : 砂基礎における管の土圧分担係数	<sub>2</sub> = 0.6331375
<sub>3</sub> : 砂基礎における管の土圧分担係数	<sub>3</sub> = 0.5368220
K <sub>01</sub> : 管下部基礎地盤の反力係数(kN/m <sup>3</sup> )	
K <sub>02</sub> : 管側部下部基礎地盤の反力係数(kN/m <sup>3</sup> )	

## (2)軌道荷重

軌道荷重は「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物」に定められた EA-17 の荷重を用いる。  
鉛直に作用する鉄道荷重の特性値は下表より求めた荷重が等分布に作用するものとして算定する。

(kN/m<sup>2</sup>)

スパンL(m) 土被りH(m)	1.0 以下	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0 以上
0.0	181	90	67	60	45	35	28
1.0	44	39	36	35	30	27	26

(kN/m<sup>2</sup>)

線別 土被りH(m)	単線	複線	複々線
2.0	26	26	26
3.0	19	21	24
4.0	14	20	23
5.0	12	18	22
10.0	6	11	18

$$P_1 = \{26.000 - (26.000 - 19.000) \times \frac{2.5 - 2.000}{3.000 - 2.000}\} \times (0.3 + 1) = 29.250(\text{kN/m}^2)$$

ここに、

$P_1$ : 軌道荷重(kN/m <sup>2</sup> )	
H : 土被り(道床厚含む)	H = 2.5(m)
i : 衝撃係数	i = 0.3

## (3)鉛直荷重

管に働く鉛直荷重は次式で求められる。

$$\begin{aligned} q &= w \cdot K_V + P_1 \cdot K_W \\ &= 55.418 \times 1.1 + 29.250 \times 1.1 \\ &= 93.135(\text{kN/m}^2) \end{aligned}$$

ここに、

$q$ : 鉛直荷重(kN/m <sup>2</sup> )	
$w$ : 鉛直土圧	$W_V = 55.418(\text{kN/m}^2)$
$P_1$ : 軌道荷重	$P_1 = 29.250(\text{kN/m}^2)$
$K_V$ : 鉛直土圧の荷重係数	$W_V = 1.1$
$K_W$ : 活荷重の荷重係数	$W_W = 1.1$

### 3. 外圧の検討

#### (1)鉛直土圧による最大曲げモーメント

鉛直土圧による最大曲げモーメントは次式により求められる。

$$\begin{aligned}M_1 &= k \cdot q \cdot R^2 \\ &= 0.377 \times 93.135 \times 0.153^2 \\ &= 0.822(\text{kN/m}^2)\end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}M_1 &: \text{鉛直土圧による最大曲げモーメント}(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}) \\ k &: \text{鉛直等分布荷重による支承角係数} \quad k = 0.377 \\ q &: \text{管に働く鉛直土圧} \quad q = 93.135(\text{kN}/\text{m}^2) \\ R &: \text{管厚中心半径} \quad R = 0.153(\text{m})\end{aligned}$$

#### (2)管に生じる最大曲げモーメント

管に生じる最大曲げモーメントは次式により求められる。

$$\begin{aligned}M &= M_1 \\ &= 0.822(\text{kN/m}^2)\end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}M &: \text{管に生じる最大曲げモーメント}(\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}) \\ M_1 &: \text{鉛直土圧による曲げモーメント} \quad M_1 = 0.822\end{aligned}$$

## 4. 断面の照査

### (1) 材料強度

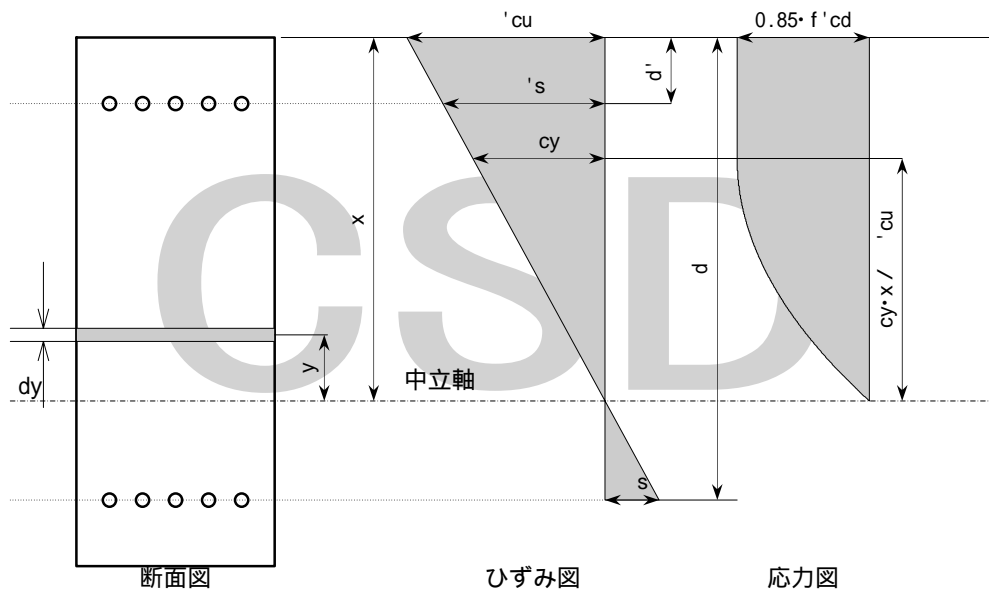
下記の値を加重平均した材料強度を複合管のコンクリートの材料強度とする。

	材料強度 $f'_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	厚さ $t$ (mm)
既設管	30.0	30
裏込め材	11.8	9.000

$$\begin{aligned} f'_{ck} &= \frac{30.0 \times 30 + 11.8 \times 9.000}{30 + 9.000} \\ &= 25.800 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

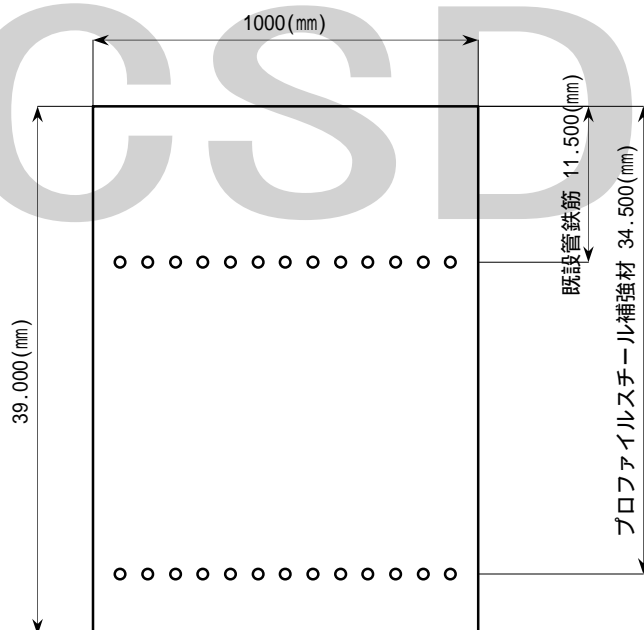
## (2) 計算結果

本強度照査では限界状態設計法の終局限界状態により行う。



ここに、

'cu	: コンクリートの終局ひずみ	0.0035
cy	: コンクリートの降伏ひずみ	0.002
f'cd	: コンクリートの設計圧縮強度	25.800/1.30=19.846(N/mm <sup>2</sup> )





材料係数			部材係数	構造物係数
コンクリート	鉄筋	鋼材		
c	s	s	b	i
1.30	1.00	1.05	1.30	1.20

項目	記号	単位	
曲げモーメント	Md	kN・m	0.8220
構造解析係数			1.0
曲げモーメント(補正後)	Md	kN・m	0.8220
部材幅	B	mm	1000.000
部材高	H	mm	39.000
既設管鉄筋量(外側)	As <sub>1</sub>	mm <sup>2</sup> /m	-
既設管鉄筋量(内側)	As <sub>2</sub>	mm <sup>2</sup> /m	120.670
プロファイルスチール補強材鉄筋量	Asp	mm <sup>2</sup> /m	424.444
中立軸	X	mm	9.386
コンクリート材料強度	f'ck	N/mm <sup>2</sup>	25.800
コンクリート設計圧縮強度	f'cd	N/mm <sup>2</sup>	19.846
既設鉄筋材料強度	fyk	N/mm <sup>2</sup>	295.000
既設鉄筋設計引張強度	fyd	N/mm <sup>2</sup>	295.000
既設鉄筋ヤング係数	Es	N/mm <sup>2</sup>	200000.000
スチール補強材材料強度	fykp	N/mm <sup>2</sup>	270.000
スチール補強材設計引張強度	fydp	N/mm <sup>2</sup>	257.143
スチール補強材ヤング係数	Esp	N/mm <sup>2</sup>	165000.000
設計曲げ耐力	Mud	kN・m	2.680
i・Md/Mud			0.368
判定( i・Md/Mud 1.0)			

## 5. 計算結果

土被り	外圧の検討		
	管に生じる 曲げモーメント M(kN・m/m)	設計 曲げ耐力 Mud(kN・m/m)	判定
2.5	0.8220	2.680	