



下水道管基礎計算

剛性管詳細出力

出力例

## 目次

1 設計条件	1
2 埋設管にかかる荷重	2
2-1 埋戻し土による鉛直土圧	3
2-2 活荷重	6
3 管の抵抗曲げモーメント	7
4 管に発生する最大曲げモーメント	8
5 管の耐荷力	9
6 管のひび割れ安全率	10

## 1 設計条件

### (1) 管材条件

管種	鉄筋コンクリート管 (A-1) B形	1種
呼び径		150
外径	$B_c$ :	202.0 (mm)
管厚	$t$ :	26 (mm)
管厚中心半径	$R$ :	88.00 (mm)
自重	$W$ :	0.350 (kN/m)
外圧強さ (ひび割れ荷重による)	$P$ :	16.70 (kN/m)

(備考)  $B_c = 2 \times R + t$

### (2) 土圧公式

下水道協会式

### (3) 後輪荷重

T-25 = 100.0 (kN)

### (4) 設計条件

土被り	$H$ :	3.000 (m)
埋戻し土の単位体積重量	$\gamma$ :	18.00 (kN/m <sup>3</sup> )
埋戻し土の内部摩擦角	$\phi$ :	35.0 (度)
埋戻し土の変形係数	$E_g$ :	20000 (kN/m <sup>2</sup> )
地盤の変形係数	$E_o$ :	10000 (kN/m <sup>2</sup> )
掘削溝幅	$B_d$ :	0.950 (m)
許容安全率	$F$ :	1.25

### (5) 基礎条件

基礎形式	コンクリート基礎	
基礎コンクリート幅	$B_b$ :	0.350 (m)
基礎コンクリート高	$C_h$ :	0.130 (m)
支承角	$2\alpha$ :	90 (度)

### (6) 矢板引抜時付加土圧

考慮しない

山留材

素掘り・木矢板

## 2 埋設管にかかる荷重

管にかかる荷重  $q$  は、式 2-1 により求める。

$$q = w + p \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

ここに、

$q$  : 管にかかる荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$w$  : 埋戻し土による鉛直土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$p$  : 活荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

ここで、 $w, p$  は次項以降により求める。

よって

$$\begin{aligned} q &= 80.22 + 14.25 \\ &= 94.47 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

## 2-1 埋戻し土による鉛直土圧

埋戻し土による鉛直土圧  $w$  は、以下の条件、式 2-1-1により求める。

条件

矢板引抜きによる付加土圧は考慮しない

コンクリート基礎

$B_b \geq B_c, H > H_1$  のとき

$$H_1 = \frac{B_d - B_c}{2 \cdot \tan \phi} = \frac{0.950 - 0.2020}{2 \times \tan 35.0^\circ} = 0.53413$$

ここに、

$B_d$  : 掘削溝幅 (m)

$B_c$  : 管外径 (m)

$\phi$  : 埋戻し土の内部摩擦角 (度)

$$H_B = \frac{B_b - B_c}{2 \cdot \tan \phi} = \frac{0.350 - 0.2020}{2 \times \tan 35.0^\circ} = 0.10568$$

ここに、

$B_b$  : 基礎コンクリート幅 (m)

$B_c$  : 管外径 (m)

$\phi$  : 埋戻し土の内部摩擦角 (度)

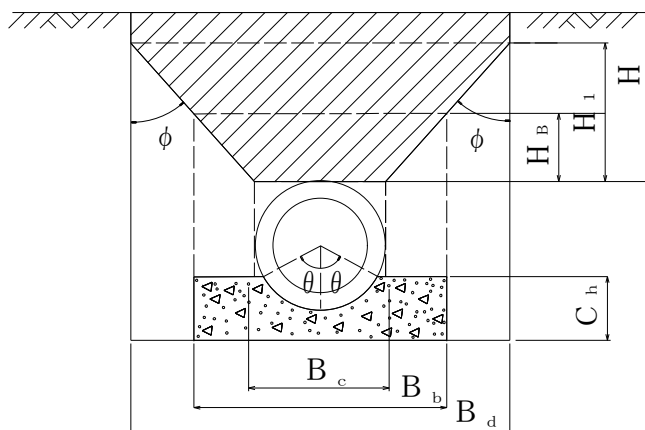


図 2-1-1 管の埋設状態

$$w = \alpha \cdot \frac{1}{B_c} \cdot \gamma \cdot B_d [C_{dHB} (B_c + H_B \cdot \tan \phi) + (C_{dH1} - C_{dHB}) \{B_c + (H_B + H_1) \tan \phi\} \phi c_2 + (C_d - C_{dH1}) B_d \cdot \phi c_3] \dots \dots \dots (2-1-1)$$

$$C_d = \frac{1 - \exp(-2K \cdot \mu \cdot H/B_d)}{2K \cdot \mu}$$

$$C_{dH1} = \frac{1 - \exp(-2K \cdot \mu \cdot H_1/B_d)}{2K \cdot \mu}$$

$$C_{dHB} = \frac{1 - \exp(-2K \cdot \mu \cdot H_B/B_d)}{2K \cdot \mu}$$

$$\phi_{c2} = \frac{A_{c2}}{A_{c2} + (H_1 - H_B) \cdot \tan \phi / (K_{01} \cdot B_b)}$$

$$\phi_{c3} = \frac{A_{c3}}{A_{c3} + (B_d - B_b) / (K_{01} \cdot B_b)}$$

$$A_{c2 \sim 3} = \frac{1}{K_{02}} + \frac{1}{E_g} \left\{ \frac{B_c}{2} (1 + \cos \theta) + C_h \right\}$$

$$K_{01} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_b}{0.3} \right)^{-3/4}$$

$\phi_{c2}$  に関して

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

$\phi_{c3}$  に関して

$$K_{02} = \frac{E_0}{0.3} \left( \frac{B_d - B_b}{0.3} \right)^{-3/4}$$

ここに、

- w : 埋戻し土による鉛直土圧 (kN/m<sup>2</sup>)
- $\alpha$  : 補正係数 (= 1.1)
- B<sub>c</sub> : 管外径 (m)
- $\gamma$  : 埋戻し土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- B<sub>d</sub> : 掘削溝幅 (m)
- H : 土被り (m)
- B<sub>b</sub> : 基礎コンクリート幅 (m)
- C<sub>h</sub> : 基礎コンクリート高 (m)
- $\phi$  : 埋戻し土の内部摩擦角 (度)
- $\phi_{c2 \sim 3}$  : 管の土圧分担係数
- K : 埋戻し土の主働土圧係数 (=  $\tan^2(45^\circ - \phi/2)$ )
- $\mu$  : 溝壁と埋戻し土の摩擦係数 (=  $\tan \delta$ )
- $\delta$  : 溝壁と埋戻し土の摩擦角 (度) =  $\phi$
- $\theta$  : 支承角の1/2 (度)
- 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> : 管側部下部地盤の反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)
- E<sub>g</sub> : 埋戻し土の変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)
- E<sub>0</sub> : 地盤の変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

よって

$$\begin{aligned} K_{01} &= \frac{10000}{0.3} \left( \frac{0.350}{0.3} \right)^{-3/4} \\ &= 29694 \end{aligned}$$

$\phi_2$ に関して

$$\begin{aligned} K_{02} &= \frac{10000}{0.3} \left\{ \frac{(0.53413 - 0.10568) \times \tan 35.0^\circ}{0.3} \right\}^{-3/4} \\ &= 33333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{c2} &= \frac{1}{33333} + \frac{1}{20000} \left\{ \frac{0.2020}{2} (1 + \cos 45^\circ) + 0.130 \right\} \\ &= 0.00004512 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{c2} &= \frac{0.00004512}{0.00004512 + (0.53413 - 0.10568) \times \tan 35.0^\circ / (29694 \times 0.350)} \\ &= 0.60985 \end{aligned}$$

$\phi_3$ に関して

$$\begin{aligned} K_{02} &= \frac{10000}{0.3} \left( \frac{0.950 - 0.350}{0.3} \right)^{-3/4} \\ &= 19820 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{c3} &= \frac{1}{19820} + \frac{1}{20000} \left\{ \frac{0.2020}{2} (1 + \cos 45^\circ) + 0.130 \right\} \\ &= 0.00006557 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{c3} &= \frac{0.00006557}{0.00006557 + (0.950 - 0.350) / (29694 \times 0.350)} \\ &= 0.53180 \end{aligned}$$

$$K = \tan^2(45^\circ - 35.0^\circ / 2) = 0.27099$$

$$\mu = \tan(35.0^\circ) = 0.70021$$

$$\begin{aligned} C_d &= \frac{1 - \exp(-2 \times 0.27099 \times 0.70021 \times 3.000 / 0.950)}{2 \times 0.27099 \times 0.70021} \\ &= 1.84013 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{dH1} &= \frac{1 - \exp(-2 \times 0.27099 \times 0.70021 \times 0.53413 / 0.950)}{2 \times 0.27099 \times 0.70021} \\ &= 0.50631 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{dHB} &= \frac{1 - \exp(-2 \times 0.27099 \times 0.70021 \times 0.10568 / 0.950)}{2 \times 0.27099 \times 0.70021} \\ &= 0.10893 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= 1.1 \times \frac{1}{0.2020} \times 18.00 \times 0.950 \times [0.10893 \times (0.2020 + 0.10568 \times \tan 35.0^\circ) \\ &\quad + (0.50631 - 0.10893) \{0.2020 + (0.10568 + 0.53413) \times \tan 35.0^\circ\} \times 0.60985 \\ &\quad + (1.84013 - 0.50631) \times 0.950 \times 0.53180] \\ &= 80.22 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

## 2-2 活荷重

活荷重  $p$  は、式 2-2-1 により求める。活荷重は、車の進行方向にはタイヤが  $a$  (m) で接地して、 $45^\circ$  で分布するものとするが、道路幅方向には車両が並列に並ぶ可能性があることを考慮し、後輪の影響が車体占有幅  $C$  (m) の範囲に均等に分布するものとする。

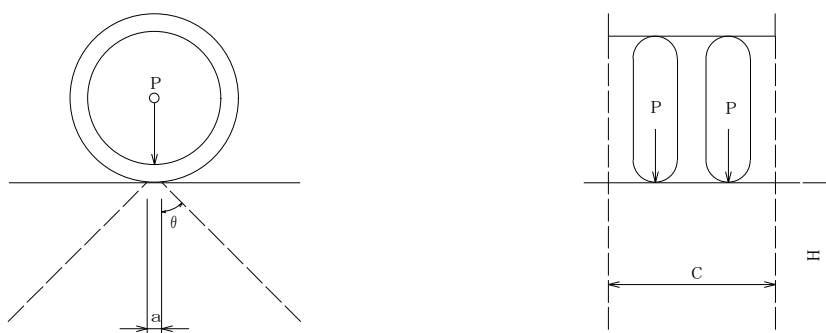


図 2-2-1 輪荷重の分布

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

ここに、

- $p$  : 活荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $P$  : 後輪荷重 (kN)
- $C$  : 車体占有幅 (= 2.750 m)
- $a$  : タイヤの接地長さ (= 0.200 m)
- $H$  : 土被り (m)
- $\theta$  : 荷重の分布角 (= 45 度)
- $i$  : 衝撃係数 (表 2-2-1)
- $\beta$  : 断面力の低減係数 (表 2-2-2)

表 2-2-1 衝撃係数

H(m)	$H \leq 1.5$	$1.5 < H < 6.5$	$6.5 \leq H$
$i$	0.5	$0.65 - 0.1H$	0

表 2-2-2 断面力の低減係数

	土被り $H \leq 1\text{m}$ かつ 内径 $\geq 4\text{m}$ の場合	左記以外の 場合
$\beta$	1.0	0.9

よって

$$p = \frac{2 \times 100.0 \times (1 + 0.3500) \times 0.9}{2.750 \times (0.200 + 2 \times 3.000 \times \tan 45^\circ)}$$

$$= 14.25 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$



### 3 管の抵抗曲げモーメント

管の応力計算では、通常弾性理論に基づく構造力学の手法により、薄肉円環の曲げモーメントを求め、軸方向のモーメントおよびせん断力は考慮しない。管の有する抵抗曲げモーメント  $M_r$  は、外圧強さによって生じる最大曲げモーメントに、管の自重によって生じる曲げモーメントを加えたものであり、式 3-1 により求める。

$$M_r = 0.318 \cdot P \cdot R + 0.239 \cdot W \cdot R \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

ここに、

$M_r$  : 管の抵抗曲げモーメント (kN・m/m)

$P$  : 外圧強さ(ひび割れ荷重による) (kN/m)

$R$  : 管厚中心半径 (m)

$W$  : 管の自重 (kN/m)

よって

$$\begin{aligned} M_r &= 0.318 \times 16.70 \times 0.08800 + 0.239 \times 0.350 \times 0.08800 \\ &= 0.475 \text{ (kN・m/m)} \end{aligned}$$

#### 4 管に発生する最大曲げモーメント

埋設管に等分布荷重がかかるとき、管体に生じる最大曲げモーメント  $M_{max}$  は、式 4-1 により求める。

$$M_{max} = k \cdot q \cdot R^2 \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

ここに、

- $M_{max}$  : 管に発生する最大曲げモーメント (kN・m/m)
- $k$  : 支承条件による係数 (表 4-1)
- $q$  : 管にかかる荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $R$  : 管厚中心半径 (m)

表 4-1 支承条件による係数

支承角(度)	自由支承	固定支承
60	0.377	——
90	0.314	0.303
120	0.275	0.243
180	——	0.220

よって

$$\begin{aligned} M_{max} &= 0.303 \times 94.47 \times 0.08800^2 \\ &= 0.222 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)} \end{aligned}$$

## 5 管の耐荷力

埋設管が耐えることのできる等分布荷重(耐荷力)  $q'$  は、式 5-1 により求める。

$$q' = \frac{M_r}{k \cdot R^2} \dots\dots\dots (5-1)$$

ここに、

- $q'$  : 管の耐荷力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $M_r$  : 管の抵抗曲げモーメント (kN・m/m)
- $k$  : 支承条件による係数 (表 4-1)
- $R$  : 管厚中心半径 (m)

よって

$$\begin{aligned} q' &= \frac{0.475}{0.303 \times 0.08800^2} \\ &= 202.30 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

## 6 管のひび割れ安全率

等分布荷重によって管に生じるひび割れの安全率  $f$  は、式 6-1 により求められ、許容安全率  $F$  以上を必要とする。

$$f = \frac{M_r}{M_{\max}} = \frac{q'}{q} \geq F \quad \dots\dots\dots (6-1)$$

ここに、

- $f$  : 管のひび割れ安全率
- $M_r$  : 管の抵抗曲げモーメント (kN・m/m)
- $M_{\max}$  : 管に発生する最大曲げモーメント (kN・m/m)
- $q'$  : 管の耐荷力 (kN/m<sup>2</sup>)
- $q$  : 管にかかる荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $F$  : 許容安全率

よって

$$f = \frac{202.30}{94.47} = 2.14 \geq 1.25 \therefore \text{OK}$$