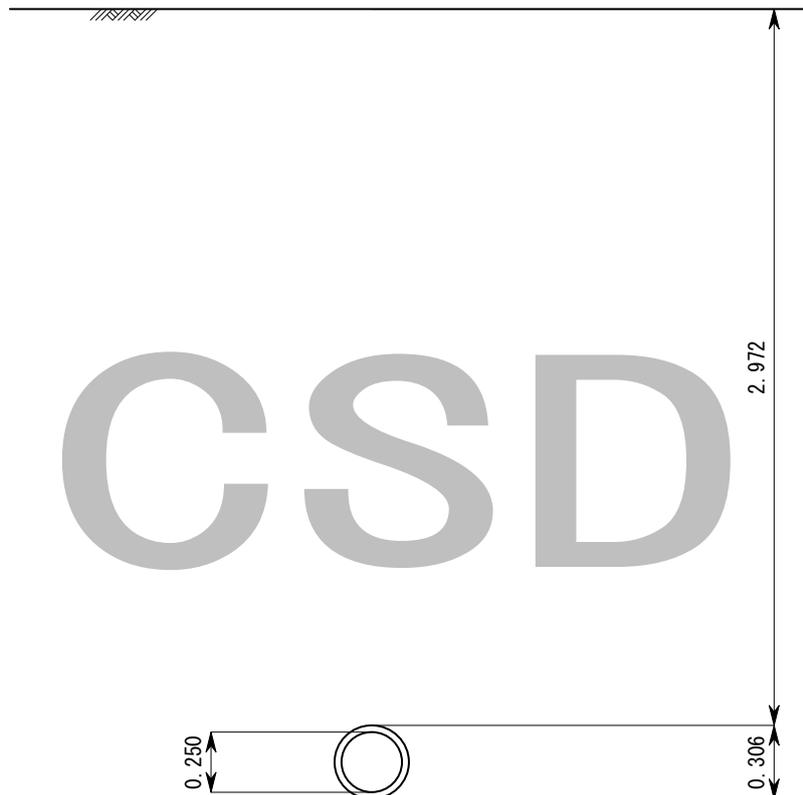


常時 鉛直断面の検討

ヤンセン公式

1. 設計条件

既設管の管種	鉄筋コンクリート管
既設管の呼び径	250
既設管の外径 B_c	306 (mm)
更生管の外径 D	250 (mm)
既設管の土被り H	2.972 (m)
土の単位体積重量 γ	18.0 (kN/m ³)
土の内部摩擦角 ϕ	30(°)
土の粘着力 C	0 (kN/m ²)
掘削面における溝幅 B_d	1.10 (m)
工法名	サンプル工法
更生材の材質	硬質塩化ビニル樹脂
短期曲げ強度 σ_s	50.0 (N/mm ²)
短期曲げ強度の安全率 F_s	5.0
長期曲げ弾性係数 E_L	1270 (N/mm ²)
長期曲げ弾性係数の安全率 F	1.2
許容たわみ率 V	5(%)
設計支持角 θ	120(°)



2. 管にかかる等分布荷重

(1) 土による鉛直等分布荷重（ヤンセン公式により）

土による鉛直等分布荷重は、次の通りになる。

$$\begin{aligned}q &= \left(\frac{\gamma \cdot Bd}{2} - C \right) \cdot \left(\frac{1 - e^{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H / Bd}}{K \cdot \mu} \right) \\&= \left(\frac{18.0 \times 1.10}{2} - 0 \right) \times \left(\frac{1 - e^{-2 \times 0.334 \times 0.577 \times 2.972 / 1.10}}{0.334 \times 0.577} \right) \\&= 33.238 \text{ (kN/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K &= \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu} \\&= \frac{\sqrt{0.577^2 + 1} - 0.577}{\sqrt{0.577^2 + 1} + 0.577} \\&= 0.334\end{aligned}$$

ここに、

q : 土による鉛直等分布荷重 (kN/m²)

K : 土の主働土圧係数

μ : 土と側壁との摩擦係数

$$\mu = \tan \phi = \tan 30 = 0.577$$

γ : 土の単位体積重量 γ = 18.0 (kN/m³)

φ : 土の内部摩擦角 φ = 30(°)

C : 土の粘着力 C = 0 (kN/m²)

Bd : 掘削面における溝幅 Bd = 1.10 (m)

H : 既設管の土被り H = 2.972 (m)

(2) 土による鉛直等分布荷重（鉛直土圧式により）

土による鉛直等分布荷重は、次の通りになる。ただし、土被りは最大 2.0(m) とする。

$$\begin{aligned}q &= \gamma \cdot H \\&= 18.0 \times 2.000 \\&= 36.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここに、

q : 土による鉛直等分布荷重 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量 γ = 18.0 (kN/m³)

H : 既設管の土被り H = 2.000 (m)

(3) 土による鉛直等分布荷重

土による鉛直等分布荷重は、ヤンセン公式と鉛直土圧式を比較して大きい方を用いる。

$$q = 36.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

(4) 活荷重

活荷重については、ここでは自動車荷重の影響を考える。
 自動車荷重は「道路橋示方書・同解説」（日本道路協会発行）に定められたT-25の後輪荷重を用いる。
 一般には前輪荷重の影響は無視するものとし、衝撃係数は土被りによって変化するもので、
 縦断方向には接地幅 0.2m で 45度に分布するものとする。

活荷重による鉛直等分布荷重 p は、

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

$$= \frac{2 \times 100.000 \times (1 + 0.353) \times 0.900}{2.75 \times (0.2 + 2 \times 2.972 \times \tan 45)}$$

$$= 14.414 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

ここに、

- p : 活荷重による鉛直等分布荷重 (kN/m²)
- H : 既設管の土被り $H = 2.972$ (m)
- P : 1 後輪荷重 $P = 100.000$ (kN)
- a : 車輪接地長さ $a = 0.2$ (m)
- C : 車体占有幅 $C = 2.75$ (m)
- θ : 分布角度 $\theta = 45^\circ$
- i : 衝撃係数 (土被りにより次の値を用いる) $i = 0.353$

	$H \leq 1.5$	$1.5 < H < 6.5$	$H \geq 6.5$
i	0.5	$0.65 - 0.1 \times H$	0

β : 断面力の低減係数 0.900

	$H \leq 1.0$ かつ管内径 $D \geq 4.0$	左記以外
β	1.0	0.9

CSD

3. 曲げ強度による更生管厚の算定

曲げ強度による更生管厚は次式より求める。

$$t_1 = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{2\sigma}{3 \cdot (k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)}}}$$

$$= \frac{250}{1 + \sqrt{\frac{2 \times 10.000 \times 10^{-3}}{3 \times (0.107 \times 36.000 \times 10^{-6} + 0.079 \times 14.414 \times 10^{-6})}}}$$

$$= 6.658 \text{ (mm)}$$

$$t_2 = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{2\sigma}{3 \cdot (k_1 \cdot q + k_2 \cdot p)}}}$$

$$= \frac{250}{1 + \sqrt{\frac{2 \times 10.000 \times 10^{-3}}{3 \times (0.121 \times 36.000 \times 10^{-6} + 0.011 \times 14.414 \times 10^{-6})}}}$$

$$= 6.341 \text{ (mm)}$$

ここに、

- t_1 : 曲げ強度による管頂の更生管厚 (mm)
- t_2 : 曲げ強度による管底の更生管厚 (mm)
- q : 土による鉛直等分布荷重 $q = 36.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- p : 活荷重による鉛直等分布荷重 $p = 14.414 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- k_1 : 土による曲げモーメント係数 (管頂) $k_1 = 0.107$
- k_2 : 活荷重による曲げモーメント係数 (管頂) $k_2 = 0.079$
- k_1 : 土による曲げモーメント係数 (管底) $k_1 = 0.121$
- k_2 : 活荷重による曲げモーメント係数 (管底) $k_2 = 0.011$
- D : 更生管の外径 $D = 250 \text{ (mm)}$
- σ : 曲げ強度 (設計値) (N/mm^2)
 $\sigma = \sigma_s / F_s = 50.0 / 5.0 = 10.000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- σ_s : 短期曲げ強度 $\sigma_s = 50.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- F_s : 短期曲げ強度の安全率 $F_s = 5.0$

4. たわみ率による更生管厚の算定

たわみ率による更生管厚は次式より求める。

$$t = \frac{D}{1 + \sqrt[3]{\frac{EV}{75 \cdot (K_1 \cdot q + K_2 \cdot p)}}}$$

$$= \frac{250}{1 + \sqrt[3]{\frac{1058.333 \times 10^{-3} \times 5}{75 \times (0.070 \times 36.000 \times 10^{-6} + 0.030 \times 14.414 \times 10^{-6})}}}$$

$$= 8.388 \text{ (mm)}$$

ここに、

- t : たわみ率による更生管厚 (mm)
- q : 土による鉛直等分布荷重 $q = 36.000 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- p : 活荷重による鉛直等分布荷重 $p = 14.414 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- K_1 : 土による鉛直方向のたわみ係数 $K_1 = 0.070$
- K_2 : 活荷重による鉛直方向のたわみ係数 $K_2 = 0.030$
- D : 更生管の外径 $D = 250 \text{ (mm)}$
- V : たわみ率 $V = 5 \text{ (%)}$
- E : 曲げ弾性係数 (設計値) (N/mm^2)
 $E = E_L / F = 1270 / 1.2 = 1058.333 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- E_L : 長期曲げ弾性係数 $E_L = 1270 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- F : 長期曲げ弾性係数の安全率 $F = 1.2$

5. 採用更生管厚

採用更生管厚は次の通りとなる。

	管厚 (mm)
曲げ強度による(管頂)	6.658
曲げ強度による(管底)	6.341
たわみ率による	8.388

CSD

CSD

6. 計算結果

更生管外径	D = 250 (mm)
曲げ強度 (設計値)	$\sigma = 10.000$ (N/mm ²)
たわみ率	V = 5 (%)
曲げ弾性係数 (設計値)	E = 1058.333 (N/mm ²)
活荷重	T-25
設計支持角	120(°)

土被り (m)	鉛直等分布荷重 (kN/m ²)		曲げ強度による 更生管厚 (mm)		たわみ率による 更生管厚	採用値 (mm)
	土圧 q	活荷重 p	管頂	管底	(mm)	
					(mm)	
2.972	36.000	14.414	6.658	6.341	8.388	8.388

CSD