

水道用硬質塩化ビニル管の構造計算

サンプルデータ

1. 設計条件

管の種類	: 水道用硬質塩化ビニル管
管の呼び径	: 200
規格	: JWWA K 127
種類	: RR-VP
管外径	D : 216.0(mm)
管厚	t : 11.5(mm)
管厚中心半径	R : 102.2(mm)
断面係数	Z : 22.04(mm ³ /mm)
断面二次モーメント	I : 126.7(mm ⁴ /mm)
曲げ弾性率	E : 3334(MPa)
最高許容圧力	P : 1.0(MPa)
土被り	H : 1.000(m)
埋戻し土の単位体積重量	: 18.000(kN/m ³)
土圧	: 鉛直土圧式
活荷重	: T-25
許容たわみ率	V _a : 5(%)
許容曲げ応力度(内圧)	a ₁ : 10.8(MPa)
許容曲げ応力度(外圧)	a ₂ : 19.6(MPa)
設計支承角	: 60(°)

2. 塩ビ管の管厚計算

塩ビ管の管厚は、ナダイ式を変形した次式により求める。

$$\begin{aligned} t' &= \frac{P \cdot D}{2 \cdot a_1 + P} \cdot t \\ &= \frac{1.0 \times 216.0}{2 \times 10.8 + 1.0} \cdot 11.5 \\ &= 9.6(\text{mm}) \quad 11.5(\text{mm}) \quad \text{OK} \end{aligned}$$

ここに、

t'	: 最小管厚	
t	: 管厚(mm)	11.5(mm)
P	: 最高許容圧力	1.0(MPa)
a ₁	: 許容曲げ応力度(内圧)	10.8(MPa)
D	: 外径	216.0(mm)

3. 鉛直土圧

鉛直土圧式

$$\begin{aligned} W_f &= \gamma \cdot H \cdot 10^{-3} \\ &= 18.000 \times 1.000 \times 10^{-3} \\ &= 0.018(\text{MPa}) \end{aligned}$$

ここに、

W_f	: 埋戻し土による鉛直土圧(MPa)	
	: 埋戻し土の単位体積重量	18.000(kN/m ³)
H	: 土被り	1.000(m)

4. 活荷重

活荷重については、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 W_t は、

$$\begin{aligned}
 W_t &= \frac{2 \cdot P \cdot (1 + i) \cdot 10^{-3}}{C \cdot (a + 2 \cdot H \cdot \tan \theta)} \\
 &= \frac{2 \times 100.000 \times (1 + 0.500) \times 0.900}{2.75 \times (0.2 + 2 \times 1.000 \times \tan 45)} \times 10^{-3} \\
 &= 0.044628 \text{ (MPa)}
 \end{aligned}$$

ここに、

W_t	: 活荷重による鉛直等分布荷重(MPa)	
H	: 土被り	1.000(m)
P	: 1 後輪荷重	100.000(kN)
a	: 車輪接地幅	0.2(m)
C	: 車体占有幅	2.75(m)
	: 分布角度	45(°)
i	: 衝撃係数	0.500
	: 断面力の低減係数	0.900

表-1 衝撃係数 i

土被り H(m)	H 1.5	1.5 < H < 6.5	6.5 H
i	0.5	0.65 - 0.1 × H	0

5. 発生曲げ応力度

埋設管にかかる発生応力は、有効支持角を 60° とすると、

$$M = (k_1 \cdot W_f + k_2 \cdot W_t) \cdot R^2$$

《管頂》

$$\begin{aligned}
 &= (0.132 \times 0.018 + 0.079 \times 0.044628) \times 102.2^2 \\
 &= 61.641 \text{ (N} \cdot \text{mm/mm)}
 \end{aligned}$$

《管底》

$$\begin{aligned}
 &= (0.223 \times 0.018 + 0.011 \times 0.044628) \times 102.2^2 \\
 &= 47.053 \text{ (N} \cdot \text{mm/mm)}
 \end{aligned}$$

発生曲げ応力度は、

$$= \frac{M}{Z} \quad a_2$$

《管頂》

$$= \frac{61.641}{22.04} \quad 19.6$$
$$= 2.797(\text{MPa}) \quad 19.6(\text{MPa}) \quad - \text{OK} -$$

《管底》

$$= \frac{47.053}{22.04} \quad 19.6$$
$$= 2.135(\text{MPa}) \quad 19.6(\text{MPa}) \quad - \text{OK} -$$

ここに、

M	: 発生曲げモーメント(N・mm/mm)	
	: 発生曲げ応力度(MPa)	
Z	: 断面係数	22.04(mm ³ /mm)
R	: 管厚中心半径	102.2(mm)
W _f	: 埋戻し土による鉛直土圧	0.018(MPa)
W _t	: 活荷重による鉛直等分布荷重	0.044628(MPa)
k1	: 埋戻し土による曲げモーメント係数(管頂)	0.132
k1	: 埋戻し土による曲げモーメント係数(管底)	0.223
k2	: 活荷重による曲げモーメント係数(管頂)	0.079
k2	: 活荷重による曲げモーメント係数(管底)	0.011
a ₂	: 許容曲げ応力度(外圧)	19.6(MPa)

埋設管のたわみ率

$$x = \frac{(K1 \cdot W_f + K2 \cdot W_t) \cdot R^4}{E \cdot I}$$
$$= \frac{(0.102 \times 0.018 + 0.030 \times 0.044628) \times 102.2^4}{3334 \times 126.7}$$
$$= 0.820(\text{mm})$$
$$V = \frac{x}{2 \cdot R} \cdot 100 \quad V_a$$
$$= \frac{0.820}{2 \times 102.2} \times 100 \quad 5$$
$$= 0.401(\%) \quad 5(\%) \quad - \text{OK} -$$

ここに、

x	: 埋め戻し土と活荷重によるたわみ量の和(mm)	
V	: たわみ率(%)	
R	: 管厚中心半径	102.2(mm)
E	: 曲げ弾性率	3334(MPa)
I	: 管頂 1mm 当たりの断面二次モーメント	126.7(mm ⁴ /mm)
W _f	: 埋戻し土による鉛直土圧	0.018(MPa)
W _t	: 活荷重による鉛直等分布荷重	0.044628(MPa)
K1	: 埋戻し土によるたわみ係数	0.102
K2	: 活荷重によるたわみ係数	0.030
V _a	: 許容たわみ率	5(%)

6. 結果一覧

管の種類	: 水道用硬質塩化ビニル管
管の呼び径	: 200
規格	: JWWA K 127
種類	: RR-VP
管外径	D : 216.0(mm)
管厚	t : 11.5(mm)
管厚中心半径	R : 102.2(mm)
断面係数	Z : 22.04(mm ³ /mm)
断面二次モーメント	I : 126.7(mm ⁴ /mm)
曲げ弾性率	E : 3334(MPa)
最高許容圧力	P : 1.0(MPa)
埋戻し土の単位体積重量	: 18.000(kN/m ³)
土圧	: 鉛直土圧式
活荷重	: T-25
許容たわみ率	V _a : 5(%)
許容曲げ応力度(内圧)	a ₁ : 10.8(MPa)
許容曲げ応力度(外圧)	a ₂ : 19.6(MPa)
設計支承角	: 60(°)
計算土被り	: 1.000 ~ 2.000(m)

土被り (m)	管厚 (mm)	鉛直土圧		発生応力度		たわみ率 (%)	判定
		埋戻し W _f (MPa)	活荷重 W _t (MPa)	管頂 (MPa)	管底 (MPa)		
1.000	9.6	0.018000	0.044628	2.797	2.135	0.401	OK
1.100	9.6	0.019800	0.040909	2.770	2.306	0.410	OK
1.200	9.6	0.021600	0.037762	2.765	2.480	0.422	OK
1.300	9.6	0.023400	0.035065	2.777	2.656	0.434	OK
1.400	9.6	0.025200	0.032727	2.802	2.834	0.449	OK
1.500	9.6	0.027000	0.030682	2.838	3.013	0.464	OK
1.600	9.6	0.028800	0.028684	2.875	3.193	0.480	OK
1.700	9.6	0.030600	0.026909	2.922	3.374	0.497	OK
1.800	9.6	0.032400	0.025321	2.975	3.556	0.514	OK
1.900	9.6	0.034200	0.023891	3.034	3.739	0.531	OK
2.000	9.6	0.036000	0.022597	3.098	3.922	0.549	OK