

一体化長さの計算

サンプルデータ

1. 設計条件

測点名称	:	test-1
計算種別	:	離脱防止金具による一体化長さの計算(水平曲がりの場合)
管の種別	:	水道用硬質塩化ビニル管
規格	:	JWWA K 127
種類	:	RR-VP
管の呼び径	:	150
管外径	D	:165.0(mm)
設計水圧	p	:0.50(MPa)
土被り	H _t	:0.600(m)
埋戻し土の単位体積重量	:	16.000(kN/m ³)
埋戻し土の内部摩擦角	:	25(°)
土と管の摩擦係数	μ	:0.300
曲管角度	:	45(°)
曲管に隣接する直管長	L _p	:2.200(m)
曲管の背面長	L _B	:0.400(m)
許容安全率	S _f	:1.250

2. スラスト荷重の算出

$$P = 2 \cdot p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2} \cdot 10^{-3}$$
$$= 2 \times 0.50 \times 21382.465 \times \sin \frac{45}{2} \times 10^{-3}$$
$$= 8.183(\text{kN})$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$
$$= \frac{\pi \times 165.0^2}{4}$$
$$= 21382.465(\text{mm}^2)$$

ここに、

P	: スラスト荷重(kN)	
A	: 管断面積(mm ²)	
p	: 設計水圧	0.50(MPa)
	: 曲管角度	45(°)
D	: 管外径	165.0(mm)

3. 管に働く外力

(1) 周面摩擦力 F_s

$$F_s = 2 \cdot \sin \frac{\theta}{2} \cdot f_s \cdot L$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \mu \cdot \gamma \cdot \left(H_1 + \frac{D}{2}\right) \cdot D \\
 &= 0.300 \times 16.000 \times \left(0.600 + \frac{0.1650}{2}\right) \times 0.1650 \\
 &= 1.698 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

ここに、

F_s : 周面摩擦力 (kN)	
L : 一体化長さ (m)	
f_s : 単位長さ当たりの摩擦抵抗力 (kN/m)	
θ : 曲管角度	45 (°)
μ : 土と管の摩擦係数	0.300
γ : 埋戻し土の単位体積重量	16.000 (kN/m ³)
H_1 : 土被り	0.600 (m)
D : 管外径	0.1650 (m)

(2) 直管部の受働土圧 F_n

$$\begin{aligned}
 F_n &= 2 \cdot \cos \frac{\theta}{2} \cdot f_n \cdot L_p \cdot \frac{1}{2} \\
 &= f_n \cdot \cos \frac{\theta}{2} \cdot L_p
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_n &= \frac{1}{2} \cdot C_e \cdot \gamma \cdot (h_1^2 - H_1^2) \cdot R \\
 &= \frac{1}{2} \times 2.464 \times 16.000 \times (0.7650^2 - 0.600^2) \times 0.5 \\
 &= 2.220 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_e &= \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2}\right) \\
 &= \tan^2 \left(45 + \frac{25}{2}\right) \\
 &= 2.464
 \end{aligned}$$

ここに、

F_n : 直管部の受働土圧 (kN)	
f_n : 単位長さ当たりの受働土圧抵抗 (kN/m)	
L_p : 曲管に隣接する直管 1 本の長さ (m)	
C_e : 受働土圧係数	2.464
γ : 埋戻し土の単位体積重量	16.000 (kN/m ³)
θ : 埋戻し土の内部摩擦角	25 (°)
h_1 : 管底までの深さ (m)	
$h_1 = H_1 + D$	
	$= 0.600 + 0.1650 = 0.7650 \text{ (m)}$
H_1 : 土被り	0.600 (m)
D : 管外径	0.1650 (m)
R : 円形断面による減少率	0.5

(3) 曲管背面部の受働土圧 F_p

$$\begin{aligned}
 F_p &= f_n \cdot L_B \\
 &= 2.220 \times 0.400 \\
 &= 0.888 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここに、

F_p : 曲管背面部の受働土圧 (kN)
 f_n : 単位長さ当たりの受働土圧抵抗 2.220 (kN/m)
 L_B : スラスト荷重に直角方向の曲管背面長 0.400 (m)

4. 一体化長さの計算

(1) 力のつり合い

$$P (F_s + F_n + F_p) / S_f$$

ここに、

P : スラスト荷重 (kN)
 F_s : 周面摩擦力 (kN)
 F_n : 直管部の受働土圧 (kN)
 F_p : 曲管背面部の受働土圧 (kN)
 S_f : 安全率

(2) 一体化長さ

$L_p = L$ として一体化長さ L を求める。

$$P (F_s + F_n + F_p) / S_f$$
$$(2 \cdot \sin \frac{45}{2} \cdot f_s \cdot L + \cos \frac{45}{2} \cdot f_n \cdot L + F_p) / S_f$$
$$L \frac{S_f \cdot P - F_p}{2 \cdot \sin \frac{45}{2} \cdot f_s + \cos \frac{45}{2} \cdot f_n}$$
$$\frac{1.250 \times 8.183 - 0.888}{2 \times \sin \frac{45}{2} \times 1.698 + \cos \frac{45}{2} \times 2.220}$$
$$L = 2.788 \text{ (m)}$$

計算結果 L が $L > L_p$ であることから、下記の式により一体化長さを算出しなおす。
背面受働土圧が見込めるのは、曲管に隣接する直管 1 本の長さ L_p だけである。従って一体化長さ L は次のようになる。

$$P (F_s + F_n + F_p) / S_f$$
$$(2 \cdot \sin \frac{45}{2} \cdot f_s \cdot L + \cos \frac{45}{2} \cdot f_n \cdot L_p + F_p) / S_f$$
$$L \frac{S_f \cdot P - \cos \frac{45}{2} \cdot f_n \cdot L_p - F_p}{2 \cdot \sin \frac{45}{2} \cdot f_s}$$
$$\frac{1.250 \times 8.183 - \cos \frac{45}{2} \times 2.220 \times 2.200 - 0.888}{2 \times \sin \frac{45}{2} \times 1.698}$$
$$L = 3.715 \text{ (m)}$$

一体化長さ $L = 3.715 \text{ (m)}$ とする。

ここに、

L	: 一体化長さ(m)	
P	: スラスト荷重	8.183(kN)
S_f	: 安全率	1.250
F_s	: 周面摩擦力(kN)	
F_n	: 直管部の受働土圧(kN)	
F_p	: 曲管背面部の受働土圧	0.888(kN)
f_s	: 単位長さ当たりの摩擦抵抗力	1.698(kN/m)
f_n	: 単位長さ当たりの受働土圧抵抗	2.220(kN/m)
	: 曲管角度	45(°)
L_p	: 曲管に隣接する直管1本の長さ	2.200(m)

CSD

CSD

5. 結果一覧

管の種類	: 水道用硬質塩化ビニル管
規格	: JWWA K 127
種類	: RR-VP
管の呼び径	: 150
管外径	D : 165.0(mm)
設計水圧	p : 0.50(MPa)
埋戻し土の単位体積重量	: 16.000(kN/m ³)
埋戻し土の内部摩擦角	: 25(°)
土と管の摩擦係数	μ : 0.300
許容安全率	S_f : 1.250

離脱防止金具(水平曲がり)

測点名称	曲管角度 (%)	土被り H_1 (m)	隣接する直管長 L_p (m)	曲管背面長 L_B (m)	一体化長さ L (m)
test-1	45	0.600	2.200	0.400	3.715

離脱防止金具(垂直曲がり)

測点名称	土被り H_1 (m)	一体化長さ L (m)
test-2	1.000	4.962

離脱防止金具(垂直2段曲がり)

測点名称	土被り		一体化長さ	
	H_1 (m)	H_2 (m)	L_1 (m)	L_2 (m)
test-3	0.600	1.500	7.870	3.394

離脱防止金具(分岐-片側)

測点名称	分岐管			一体化長さ L (m)
	呼び径	外径 (mm)	土被り H_2 (m)	
test-4	75	89.0	1.000	2.774

離脱防止金具(分岐-全方向)

測点名称	分岐管		土被り		隣接する直管長		T字管背面長 L_T (m)	一体化長さ L (m)
	呼び径	外径 (mm)	本管 H_1 (m)	分岐管 H_2 (m)	L_{p1} (m)	L_{p2} (m)		
test-5	150	165.0	1.200	1.200	3.000	3.000	0.500	-0.387