

標 題 : 一体化長計算例 (P217)

計算年月日 : 平成〇〇年〇〇月

会 社 名 : 株式会社システム

【 溶接, 接着, 溶着等による接合】

1. 共通条件

使用管種	:	鋼 管
呼び径	D	: φ1.000 (m)
管外径	D _c	: 1.016 (m)
計算管厚	t	: 0.009 (m)

2. CASE-1. の計算

(1) 設計条件

設計内水圧	H	: 1.000 Mpa
曲がり角 θ	2θ	: 45.00 (度)
管頂までの土被り	H ₁	: 1.200 (m)
土の内部摩擦角	φ	: 30.00 (度)
土の単位体積重量	w	: 18.00 (kN/m ³)
横方向地盤反力係数	k	: 7000 (kN/m ³)
管と土の摩擦係数	μ	: 0.500
曲管に隣接する直管1本の長さ	:	6.000 (m)

(2) 横向きスラスト力

$$P_h = 2 \cdot H \cdot A_c \cdot \sin(\theta) = 2 \times 1000 \times 0.782 \times \sin(22.5^\circ)$$

$$A_c : \text{管内径の断面積} \quad A_c = (\pi/4) D_c^2 \\ = (\pi/4) \times 0.998^2 = 0.782 \text{ (m}^2\text{)}$$

(3) A点における軸力

$$P_2 = -\frac{\alpha \cdot \beta}{k} \cdot \tan^2 \theta + \sqrt{\left(\frac{\alpha \cdot \beta}{k} \cdot \tan^2 \theta\right)^2 + \frac{\alpha \cdot k}{4} \cdot H^2} \\ = -\frac{0.6132 \times 10^8}{7000} \times \tan^2(22.5^\circ) \\ + \sqrt{\left\{\frac{0.613 \times 10^8}{7000} \times \tan^2(22.5^\circ)\right\}^2 + \frac{0.6132 \times 10^8}{4} \times 1.000^2}$$

ここに,

$$\alpha = A_s \cdot E \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \\ = 0.02847 \times 200 \times 10^6 \times 0.50 \times 18.0 \times 1.708 \times \pi = 0.6132 \times 10^8$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{D_c \cdot K}{4 \cdot E \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{1.016 \times 7000}{4 \times 200 \times 10^6 \times 3.609 \times 10^{-3}}}$$

$$\alpha \cdot \beta = 2.7500 \times 10^8 \times 0.223 = 0.6132 \times 10^8$$

$$A_s : \text{管の断面積} \quad A_s = \frac{\pi}{4} \times (D_c^2 - D^2)$$

(4) A点における軸に直角な横力

$$P_1 = \frac{P_h}{2 \cdot \cos \theta} - P_2 \cdot \tan \theta$$
$$= \frac{598.52}{2 \times \cos(22.500^\circ)} - 644.03 \times \tan(22.500^\circ) = 5$$

(5) 曲げに対する直管部の有効長さ

$$l_1 = \frac{\pi}{\beta} = \frac{\pi}{0.223} = 14.09(\text{m})$$

(6) 軸力に対する直管部の有効長さ

$$l_2 = \frac{P_2}{\mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c} = \frac{644.03}{0.500 \times 18.0 \times 17.080 \times \pi}$$

(7) 釣合長の計算

$$l = \frac{P_t}{\tau} = \frac{1366.56}{49.07} = 27.85(\text{m})$$

$$P_t = A_s \cdot E \cdot \alpha \cdot T$$
$$= 0.02847 \times 200 \times 10^6 \times 1.200 \times 10^{-5} \times 20 = 1366.56$$

$$\tau = \mu \cdot w \cdot H_1 \cdot \pi \cdot D$$
$$= 0.50 \times 18.0 \times 1.708 \times \pi \times 1.016 = 49.07 \text{ kN/m}$$

ここに,

$$\alpha : 0.000012$$

$$T : 20^\circ$$

$$\mu : 0.50$$

以上より曲がり部始点端, 終点端から41.94(m) (14.

標題 : 一体化長計算例 (参考)

計算年月日 : 平成〇〇年〇〇月

会社名 : 株式会社システム

【ダクタイル鋳鉄管 (KF, UF 継手)

1. 共通条件

使用管種	:	ダクタイル鋳鉄管
呼び径	D	: $\phi 1.000$ (m)
管外径	Dc	: 1.041 (m)
計算管厚	t	: 0.016 (m)

2. CASE-1. の計算

(1) 設計条件

設計内水圧	H	: 0.300 Mpa
曲がり角 θ	2θ	: 45.00 (度)
管頂までの土被り	H1	: 1.200 (m)
土の内部摩擦角	ϕ	: 30.00 (度)
土の単位体積重量	w	: 18.00 (kN/m ³)
横方向地盤反力係数	k	: 3000 (kN/m ³)
管と土の摩擦係数	μ	: 0.500
曲管に隣接する直管1本の長さ		: 1.500 (m)

(1) 横向きスラスト力

$$P = 2 \cdot H \cdot A_c \cdot \sin(\theta/2) = 2 \times 300 \times 0.085 \times \sin(22.5^\circ)$$

$$A_c : \text{管外径の断面積 } A_c = (\pi/4) D_c^2$$

$$= (\pi/4) \times 1.041^2 = 0.85 \text{ (m}^2\text{)}$$

(2) 継ぎ手部に発生する軸力および横力

① 軸力 P2

$$P_2 = -\frac{\beta \cdot a \cdot E \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi}{k} \cdot \frac{\cosh(2 \cdot \beta \cdot l) + \cos \theta}{\sinh(2 \cdot \beta \cdot l) + \sin \theta}$$

$$+ \sqrt{\left\{ \frac{\beta \cdot a \cdot E \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi}{k} \cdot \frac{\cosh(2 \cdot \beta \cdot l) + \cos \theta}{\sinh(2 \cdot \beta \cdot l) + \sin \theta} \right\}^2 + \frac{P \cdot \beta \cdot a \cdot E \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot \tan \theta}{k \cdot \cos \theta/2}}$$

ここに、

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{D_c \cdot K}{4 \cdot E \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{1.041 \times 3000}{4 \times 160 \times 10^6 \times 0.677 \times 10^{-8}}}$$

$$I : \text{管の断面2次モーメント } \frac{\pi}{64} \times (D_c^4 - D^4)$$

$$a : \text{管の断面積 } \frac{\pi}{4} \times (D_c^2 - D^2)$$

一体化長さを $l = 1.50\text{m}$ とすると以下のようになる。

$$\frac{\beta \cdot a \cdot E \cdot \mu \cdot w \cdot Hc \cdot \pi}{k}$$

$$\frac{0.164 \times 0.0515 \times 160 \times 10^6 \times 0.50 \times 18.00 \times 1.7}{3000}$$

$$\frac{P \cdot \beta \cdot a \cdot E \cdot \mu \cdot w \cdot Hc \cdot \pi \cdot \tan \theta / 2}{k \cdot \cos \theta / 2}$$

$$= \frac{195.40 \times 0.164 \times 0.0515 \times 160 \times 10^6 \times 0.50 \times 1.7}{3000 \times \cos(22.50)}$$

$$= 1.920 \times 10^6$$

$$\cosh(2 \cdot \beta \cdot l) = \cosh(2 \times 0.164 \times 1.50) = 1.123$$

$$\cos(2 \cdot \beta \cdot l) = \cos(2 \times 0.164 \times 1.50) = 0.881$$

$$\sinh(2 \cdot \beta \cdot l) = \sinh(2 \times 0.164 \times 1.50) = 0.512$$

$$\sin(2 \cdot \beta \cdot l) = \sin(2 \times 0.164 \times 1.50) = 0.472$$

$$\tan^2(\theta / 2) = \tan^2(22.500) = 0.172$$

$$\frac{\cosh(2 \cdot \beta \cdot l) + \cos(2 \cdot \beta \cdot l) + 2}{\sinh(2 \cdot \beta \cdot l) + \sin(2 \cdot \beta \cdot l)}$$

$$= \frac{1.123 + 0.881 + 2}{0.512 + 0.472} = 4.069$$

$$P2 = -21919 \times 4.069 \times 0.172$$

$$+ \sqrt{(21919 \times 4.069 \times 0.172)^2 + 1.920 \times 10^6}$$

② 軸力に対する有効長さ l_a

$$l_a = \frac{P2}{\mu \cdot w \cdot Hc \cdot \pi \cdot Dc}$$

$$= \frac{253.040}{0.50 \times (18.0 \times 1.721 \times \pi \times 1.041)} = 5.0$$

③ 横力 $P1$

$l \geq l_a$ の時

$$P1 = \frac{P}{2 \cdot \cos(\theta / 2)} - P2 \cdot \tan(\theta / 2)$$

$l < l_a$ の時

$$P1 = \frac{P}{2 \cdot \cos(\theta / 2)} - \mu \cdot \pi \cdot w \cdot Hc \cdot Dc \cdot l \cdot \tan(\theta / 2)$$

$l(1.50) < l_a(5.00)$ であるから

$$P1 = \frac{0195}{2 \times \cos(22.500^\circ)} - 0.50 \times \pi \times 18.00 \times 1.7$$

(4) 継手部に発生する曲げモーメント M_1 (N・cm)

$$M_1 = \frac{P_1}{2\beta} \cdot \frac{\cosh(2\beta \cdot l) - \cos(2\beta \cdot l)}{\sinh(2\beta \cdot l) + \sin(2\beta \cdot l)}$$
$$= \frac{74.28}{2 \times 0.164} \times \frac{1.1230 - 0.881}{0.512 + 0.472} = 55.70 \text{ (kN)}$$

(5) 曲げモーメントに対する安全率 S_f

$$S_f = \frac{M_o}{M_1} = \frac{1969.39}{55.70} = 35.357$$

ここで、 M_o : 限界曲げモーメント

$$M_o = M \sqrt{1 - \frac{H}{H_o}} = 2010 \times \sqrt{1 - \frac{300}{7500}} = 1969.39$$

M : 限界曲げモーメント 2010 (kN・m)

H : 設計水圧 300 (kN/m²)

H_o : 限界水圧 7500 (kN/m²)

M_1 : 継手部に発生する曲げモーメント 55.70

∴ 曲げモーメントに対する安全率が 2.5 以上である。

(6) 移動量 δ (m)

$$\delta_1 = \frac{P_1 \cdot \beta}{k \cdot D_c} \cdot \frac{\cosh(2\beta \cdot l) + \cos(2\beta \cdot l) + 2}{\sinh(2\beta \cdot l) + \sin(2\beta \cdot l)}$$
$$= \frac{74.280 \times 0.164}{3000 \times 1.041} \times \frac{1.123 + 0.881 + 2}{0.512 + 0.472} = 0.016$$

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos(\theta/2)} = \frac{0.016}{\cos(22.500)} = 0.017 \text{ (m)}$$

∴ 移動量が 0.02m 以下であり、安全である。

※参考<印刷時間は10秒でした>

標題 : 一体化長計算例 (参考)

計算年月日 : 平成〇〇年〇〇月

会社名 : 株式会社システム

【 離脱防止金具による一体化】

1. 共通条件

使用管種	:	ダクタイル鉄
呼び径	D	: φ0.300 (m)
管外径	Dc	: 0.323 (m)
計算管厚	t	: 0.006 (m)

2. CASE-1. の計算

(1) 設計条件

設計内水圧	H	: 1.600 (Mpa)
曲がり角 θ	2θ	: 45.00 (度)
管頂までの土被り	H1	: 1.200 (m)
土の内部摩擦角	φ	: 30.00 (度)
土の単位体積重量	w	: 18.00 (kN/m ³)
横方向地盤反力係数	k	: 3000 (kN/m ²)
管と土の摩擦係数	μ	: 0.500
曲管に隣接する直管1本の長さ		: 6.000 (m)

(2) 一体化長さの計算

$$L' \geq \frac{S_o \cdot H \cdot A_c \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c + \frac{1}{4} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot F \cdot w \cdot (H_1^2 - H_2^2)}$$

$$L' \geq \frac{1.50 \times 1600 \times 0.0819 \times \sin\left(\frac{45.00}{2}\right)}{\sin\left(\frac{45.00}{2}\right) \times 0.50 \times 18.00 \times 1.362 \times \pi \times 0.323 + \frac{1}{4} \cos\left(\frac{45.00}{2}\right) \times 0.65 \times 18.00 \times (1.523^2 - 1.200^2)}$$

L' > Lp であるから一体化長さは次式による。

$$L \geq \frac{S_o \cdot H \cdot A_c \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) - \frac{1}{4} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) L_p \cdot F \cdot w \cdot (H_1^2 - H_2^2)}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c}$$

$$1.50 \times 1600 \times 0.0819 \times \sin\left(\frac{45.00}{2}\right)$$

$$- \frac{1}{4} \cos\left(\frac{45.00}{2}\right) \times 6.000 \times 0.65 \times 18.00 \times (1.523^2 - 1.200^2)$$

3) スラスト力

$$P = 2 \cdot H \cdot A_c \cdot \sin(\theta/2) = 2 \times 1600 \times 0.0819 \times \sin\left(\frac{45}{2}\right)$$

ここに、

$$\begin{aligned} A_c : \text{管外径の断面積} \quad A_c &= (\pi/4) D_c^2 \\ &= (\pi/4) \times 0.323^2 = 0.0819 \end{aligned}$$

4) 周面摩擦力による合力

$$F_s = 2 \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c$$

ここに、

L : 管路一体化長さ

$$F_s = 2 \times \sin\left(\frac{45.0^\circ}{2}\right) \times 6.818 \times 0.50 \times 18.00 \times 1.362 \times \pi$$

5) 直管部の受働土圧による合力

$$F_n = 2 \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot L_p \cdot F \cdot \frac{1}{2} \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \times \tan^2(45^\circ - \phi)$$

ここに、

L_p : 曲管に隣接する1本の長さ L > L_p 故 6.000 (m)

F : 曲面の受働土圧の補正係数 0.65 とする。

H₁ : 地表面から管頂面までの深さ 1.200 (m)

H₂ : 地表面から管底面までの深さ 1.523 (m)

$$\begin{aligned} F_n &= 2 \times \cos\left(\frac{45.0^\circ}{2}\right) \times 6.000 \times 0.65 \\ &\quad \times \frac{1}{2} \times 18.00 \times (1.523^2 - 1.200^2) \times \tan^2(45^\circ - \phi) \end{aligned}$$

6) 力の釣り合い

$P \leq (F_s + F_n) / S_o$ より、

$$S_o = \frac{(F_s + F_n)}{P} = \frac{(64.88 + 85.57)}{100.29} = 1.50$$

∴ 一体化長を 6.818(m) とすれば、安全率が 1.5 以上

※参考<印刷時間は8秒でした>