

鋼管強度計算

1) 設計条件

呼び径 $d = 250$ mm

管データ	選択	外径	管厚 (mm)	種類	弾性係数 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)
		267.4	6.6	STW290	200,000	100
		267.4	6.4	STW370	200,000	125
				STW400	200,000	140

土被り $H = 2.50$ m

土の単位重量 $= 18$ kN/m³

活荷重 $T = 250$
 活荷重定数 $= 1.8 \times 10^{-1} \text{ m}^{-2}$

静水圧 $P_s = 0.1$ MPa
 水撃圧 $P_d = 0.1$ MPa (但し、 $P_s < 0.44$)

許容変形率 5%

2) 荷重

a) 土被りによる土圧

垂直公式による。

$$W_v = \gamma \cdot H$$

ここに、
 W_v : 垂直土圧(kN/m²)
 γ : 土の単位体積重量= 18 kN/m³
 H : 土被り= 2.50 m

$$W_v = 18 \times 2.50 = 45.0 \text{ kN/m}^2$$

b) 活荷重による土圧

活荷重による土圧は次式による。

$$W_t = 1.5 \cdot P$$

ここに、
 W_t : 活荷重による土圧(kN/m²)
 P : トラック1後輪荷重 = $4/5 \times 1/2 U = 100$ kN
 U : トラック荷重 $T = 250$
 1.5: 衝撃係数
 : 管の呼び径、土被り深さにより定まる定数(線図による)
 呼び径 250 mm
 土被り深さ $H = 2.50$ m
 $T = 250$ トラック2台
 の条件では
 $= 1.8 \times 10^{-1} \text{ m}^{-2}$

$$Wt = 1.5 \times 0.18 \times 100 = 27 \text{ kN/m}^2$$

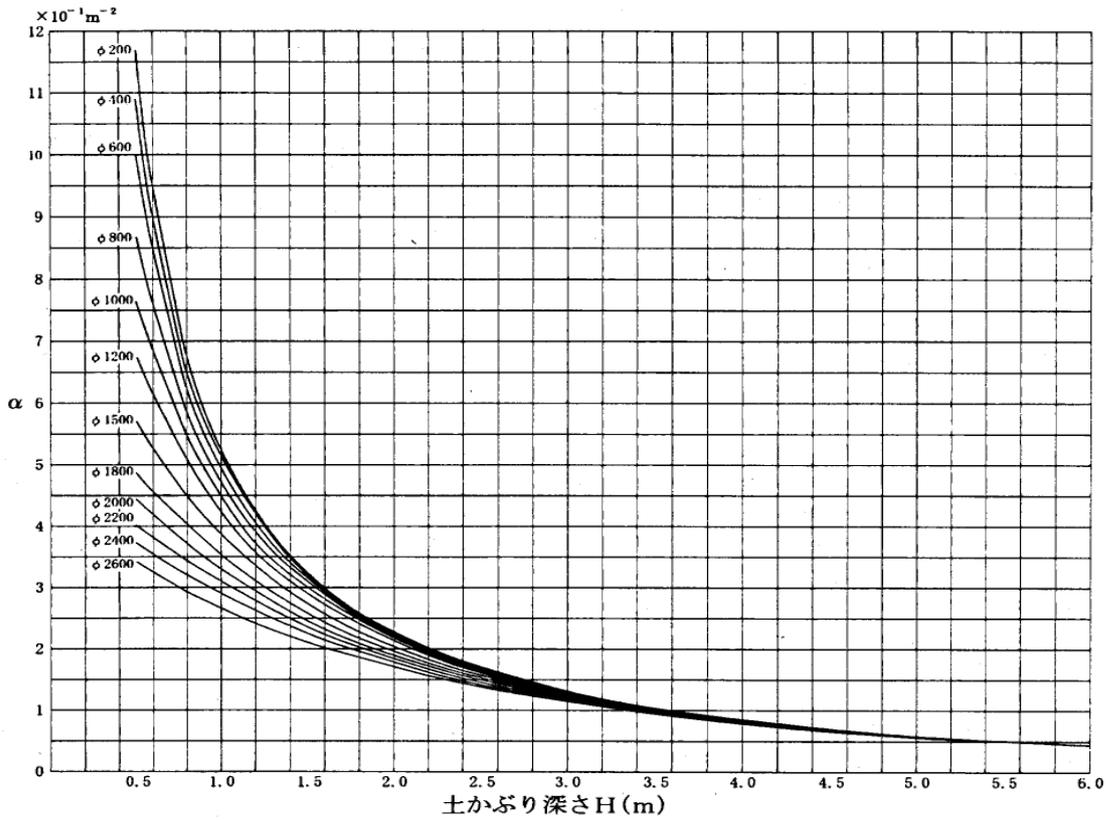


図 トラック荷重による土圧計算のための係数 α の線図(トラック 2 台の場合)

3) 内圧による応力度

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot t}$$

ここに、 t : 内圧による円周方向応力度 (N/mm²)

P : 内圧

$$= 1.25P_s + P_d = 0.23 \text{ Mpa}$$

P_s : 静水圧 = 0.1 Mpa

P_d : 水撃圧 = 0.1 Mpa

t : 管厚 = 6.6 mm

D : 管の内径

$$= (\text{管外径}) - t \times 2$$

$$= 267.4 - 6.6 \times 2 = 254.2 \text{ mm}$$

$$t = \frac{0.23 \times 254.2}{2 \times 6.6} = 4.4 \text{ N/mm}^2$$

4) 外圧による変形量と応力度

・変形量

$$X = \frac{2 \cdot Kx \cdot (Wv + Wt) R^4}{E \cdot I + 0.06146 \cdot E \cdot R^3}$$

・曲げ応力度

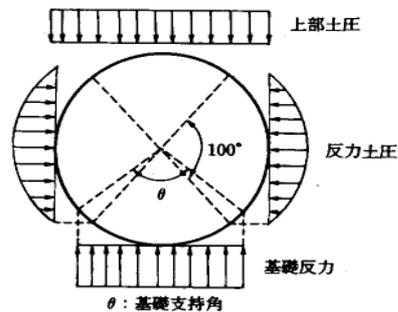
$$b = \frac{2 \cdot (Wv + Wt) \times \left[Kb \cdot R^2 \cdot E \cdot I + (0.06146 Kb - 0.08303 Kx) E \cdot R^5 \right]}{F \cdot Z \cdot \left[E \cdot I + 0.06146 \cdot E \cdot R^3 \right]}$$

ここに、
 b: 外圧による管底部曲げ応力度 (N/mm²)
 f: 形状係数 = 1.5
 Z: 管の単位幅の断面係数
 = $t^2 / 6 = 7.26 \text{ mm}^3$
 R: 管の平均半径
 = $250 / 2 = 125 \text{ mm}$
 E: 鋼の弾性係数 = 200,000 N/mm²
 I: 管の単位幅の断面2次モーメント
 = $t^3 / 12 = 23.96 \text{ mm}^4$
 E: 土の反力係数
 砂基礎、締固めでは E = 7.0 N/mm²
 Kb: 管底における曲げモーメント係数
 基礎支承角 = 60°では Kb = 0.189
 Kx: 水平方向変形係数
 基礎支承角 = 60°では Kx = 0.103

$$Wv = 45.0 \text{ kN/m}^2 = 0.045 \text{ N/mm}^2$$

$$Wt = 27.0 \text{ kN/m}^2 = 0.027 \text{ N/mm}^2$$

土圧の分布モデル



$$X = \frac{3.62109E+06}{4,792,000 + 840,273} = 0.6 \text{ mm}$$

$$1.41514E+10 + 6.54509E+08$$

$$b = 0.013 \times 4,792,000 + 840,273$$

$$= 34.8 \text{ N/mm}^2$$

5) 安全性の照査

・許容変形量

許容変形率は呼び径の 5 % とする。

$$a = 0.05 d = 0.05 \times 250$$

$$= 12.5 \text{ mm} > X = 0.6 \text{ mm}$$

以上より、変形量に関しては 安全である。

・許容応力度

STW290 の許容応力度は $a = 100 \text{ N/mm}^2$

一方、内圧による応力度は $t = 4.4 \text{ N/mm}^2$

外圧による応力度は $b = 34.8 \text{ N/mm}^2$

発生応力度合計は $= t + b = 39.2 \text{ N/mm}^2$

$a >$ より、応力度に関しては 安全である。

出典) 「水道施設設計指針」; 日本水道協会
「下水道用ダクタイル鋳鉄管 JSWAS G-1」; (社) 日本下水道協会