

(4) 地下水集排水管の耐圧性能検討書

ダイポリンハウエル管 高盛土におけるたわみ率と発生曲げ応力について

【目的】

ダイポリンハウエル管 R120-300 を土被り 70mにおいて施工された場合、そのたわみ率と発生曲げ応力について以下に検討する。

1. 設計条件

・管種	R120	・活荷重	T-25
・呼び径	φ300	・基礎材（裏込材）の材料	割栗石（50～150）
・管外径	φ372	・基礎材（裏込材）の受動抵抗係数	16,300 (kN/m ²)
・盛土の鉛直荷重算出式	マースト土圧公式	・基礎の設計支持角	120 (°)
・埋戻土の単位重量	18 (kN/m ³)	・変形遅れ係数	1.25
・埋戻土の内部摩擦角	30 (°)		

2. 構造計算の許容値

・許容たわみ率	5.0 (%)	
・許容曲げ応力	16,200 (kN/m ²)	曲げ降伏応力：32,400 (kN/m ²) に対して安全率 2.0 を考慮。

3. 計算結果

土被り (m)	たわみ率 (%)	発生曲げ応力	
		(kN/m ²)	安全率
36	4.9	12,732	2.54 許容土被り
40	5.4	14,140	2.29
50	6.8	17,611	1.83
60	8.2	21,184	1.53
70	9.5	24,708	1.31

※構造計算書の詳細につきましては、添付資料を参照下さい。

計算の結果、「たわみ率 9.5%」、発生曲げ応力は「安全率 1.31」が得られた。

地下水集排水管は有孔管であり周囲を透水性のある砕石巻き立て構造であることから、通水性に支障はない。

上記構造計算の許容値（許容たわみ率 5.0%と安全率 2.0）は、管路が漏水なく管内流水が円滑に行える十分な安全率として設定されたものである。

したがって、安全率が 1.00 以上確保されていることから、管内円空断面は保持されるものと推察できる。

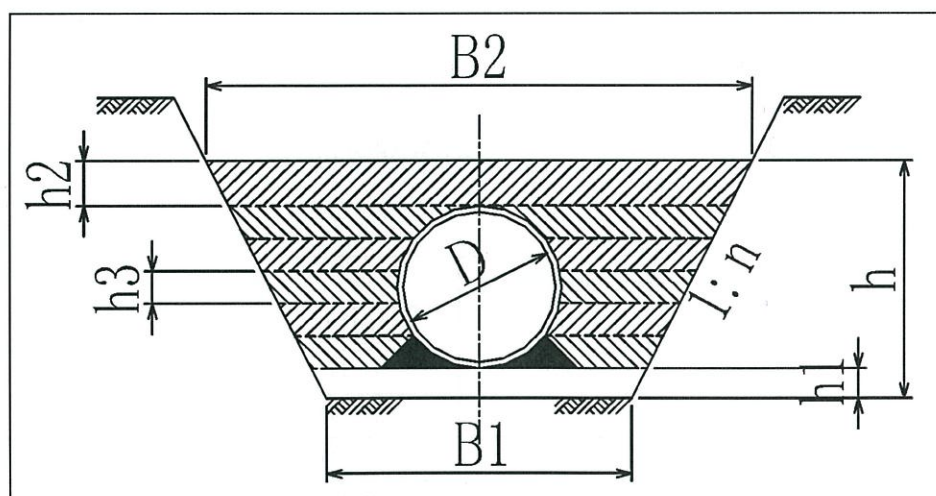
次項以降に、構造計算書を添付する。

1.設計条件

1.1 設計条件

管種	R120
呼び径	ϕ 300 mm
管外径	D 372 mm
土被り	h 70.00 m
埋戻土の単位重量	γ 18 KN/m ³
埋戻土の内部摩擦角	ϕ 30°
活荷重	T- 25
その他荷重	q 0.00 KN/m ²
基礎材(裏込材)の材料	割栗石(50~150)
基礎材(裏込材)の受働抵抗係数	E' 16,300 KN/m ²
基礎の設計支持角	2θ 120°
変形遅れ係数	Fd 1.25

1.2 施工標準断面



※ 寸法表 (単位:mm)

管外径	n	h	h1	h2	h3	B1	B2	---
372	0.5	1200	200	300	200	700	1980	---

2.鉛直荷重の算出

2.1 埋戻土による鉛直荷重

埋戻土による鉛直荷重は『マーストン土圧公式』を用いる。

$$W_v = C_c \cdot \gamma \cdot D$$

$$= 942.22 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

ここに、 W_v : 埋戻土による鉛直荷重 (KN/m²)
 C_c : 土圧係数 140.714
 γ : 埋戻土の単位重量 18 (KN/m³)
 D : 管外径 0.372 (m)

① 等沈下面 (H_e) の計算

$$\text{【基本式】 } \exp \frac{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H_e}{D} = \frac{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H_e}{D} - 2 \cdot K \cdot \mu \cdot \gamma_{sd} \cdot P + 1$$

$$H_e = 0.282 \text{ (m)}$$

ここに、 H_e : 等沈下面 (m)
 ϕ : 内部摩擦角 30 (°)
 K : 主働土圧係数 $= \tan(45 - \phi/2)^2$ 0.333
 μ : 摩擦係数 $= \tan \phi$ 0.577
 D : 管外径 0.372 (m)
 γ_{sd} : 沈下比 -0.1
 P : 突出比 1.0

② 土圧係数 (C_c) の計算

$$C_c = \frac{1 - \exp(-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H_e/D)}{2 \cdot K \cdot \mu} + \frac{H - H_e}{D} \cdot \exp(-2 \cdot K \cdot \mu \cdot H_e/D)$$

$$C_c = 140.714$$

ここに、 C_c : 土圧係数
 H : 土被り 70.00 (m)

2.2 その他荷重による鉛直荷重

$$W_q = 0.00 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

ここに、 W_q : その他荷重による鉛直荷重 (KN/m²)

2.3 活荷重による鉛直荷重

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

$$= 0.467 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

ここに、 W_w : 活荷重による鉛直荷重 (KN/m²)
 P : 1後輪の荷重 100 (KN)
 i : 衝撃係数 0
 β : 低減係数 0.9
 C : 車体占有幅 2.75 (m)
 a : タイヤの接地長さ 0.20 (m)
 H : 土被り 70.00 (m)
 θ : 荷重の分散角 45 (°)

衝撃係数 (i)

土被り H(m)	$H < 1.5$	$1.5 \leq H < 6.5$	$H \geq 6.5$
i	0.5	$0.65 - H/10$	0

低減係数 (β)

	土被り $H \leq 1\text{m}$ かつ内径または スパン $B' \geq 4\text{m}$ の場合	左記以外の場合
β	1	0.9

3.管体に発生するのたわみ率

3.1 管体のたわみ量

$$x = \frac{2 \cdot F_k \cdot F_d \cdot r_m^4}{E \cdot I + 0.061 \cdot E' \cdot r_m^3} \cdot (q_d + q_d' + q_l)$$

$$= 0.030 \text{ (m)}$$

ここに、
 x : 埋戻土及びその他荷重によるたわみ量 (m)
 F_k : 基礎材(裏込め材)の支持角係数 0.09
 F_d : 変形遅れ係数 1.25
 r_m : 管の平均半径 0.159 (m)
 q_d : 埋戻土による鉛直荷重 942.22 (KN/m²)
 q_d' : その他荷重による鉛直荷重 0.000 (KN/m²)
 q_l : 活荷重による鉛直荷重 0.467 (KN/m²)
 $E \cdot I$: 管の曲げ剛性 0.483 (KN・m²/m)
 E' : 基礎材(裏込め材)の受働抵抗係数 16,300 (KN/m²)

基礎材(裏込め材)の支持角係数 (F_k)

基礎の支持角 (°)	60	90	120
係 数	0.102	0.096	0.090

3.2 管体のたわみ率

$$V = \frac{x}{2 \cdot r_m} \cdot 100$$

$$= 9.518 \text{ (\%)}$$

ここに、
 Δx : 管体のたわみ量 0.030 (m)
 r_m : 管の平均半径 0.159 (m)

4.管体に発生する曲げ応力(管底部)の計算

4.1 水平荷重の算出

$$P = \frac{E' \cdot x}{2 \cdot F_d \cdot r_m}$$

$$= 1241.086 \text{ (KN/m²)}$$

ここに、
 P : 水平荷重 (KN/m²)
 F_d : 変形遅れ係数 1.25
 E' : 基礎材(裏込め材)の受働抵抗係数 16,300 (KN/m²)
 r_m : 管の平均半径 0.159 (m)
 x : 管のたわみ量 0.030 (m)

4.2 発生曲げモーメント

$$M = k_1 \cdot (q_d + q_d' + q_l) \cdot r_m^2 + k_2 \cdot P \cdot r_m^2$$

$$= 1.346 \text{ (KN・m/m)}$$

ここに、
 M : 曲げモーメント (KN・m/m)
 k_1 : 基礎の支持角係数による曲げモーメント係数 0.275
 q_d : 埋戻土による鉛直荷重 942.22 (KN/m²)
 q_d' : その他荷重による鉛直荷重 0.000 (KN/m²)
 q_l : 活荷重による鉛直荷重 0.467 (KN/m²)
 r_m : 管の平均半径 0.159 (m)
 k_2 : 基礎の支持角係数による曲げモーメント係数 -0.166
 P : 水平荷重 1241.086 (KN/m²)

基礎支持角による曲げモーメント係数(管底)

基礎の支持角 (°)	60	90	120
係 数 (k_1)	0.377	0.314	0.275
係 数 (k_2)	-0.166		

4.3 管体に発生する曲げ応力

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{6 \cdot M}{t^2}$$
$$= 24707.63 \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

ここに、 σ : 管体に発生する曲げ応力 (KN/m²)
 M : 曲げモーメント 1.346 (KN・m/m)
 Z : 断面係数 (m³/m)
 t : 換算肉厚 0.01808 (m)

5. 計算結果

【たわみ率】 $V = 9.518 \text{ (%)}$

【曲げ応力】 $\sigma = 24707.63 \text{ (KN/m}^2\text{)}$