

管の断面計算 サンプルデータ

出力例

Sample_2

コルゲートメタルカルバート 計算例

目次

1章 管の断面計算	1
1.1 設計条件	1
1.1.1 基本条件	1
1.1.2 計算条件	1
1.2 荷重	2
1.2.1 鉛直土圧	2
1.2.2 活荷重による鉛直荷重	2
1.3 管体の設計	3
1.3.1 施工中の断面剛性の検討	3
1.3.2 軸方向継手強さの検討	3
1.3.3 コルゲートセクションの座屈強さの検討	4
1.3.4 コルゲートメタルカルバートのたわみの検討	5
1.3.5 結果一覧	6

1章 管の断面計算

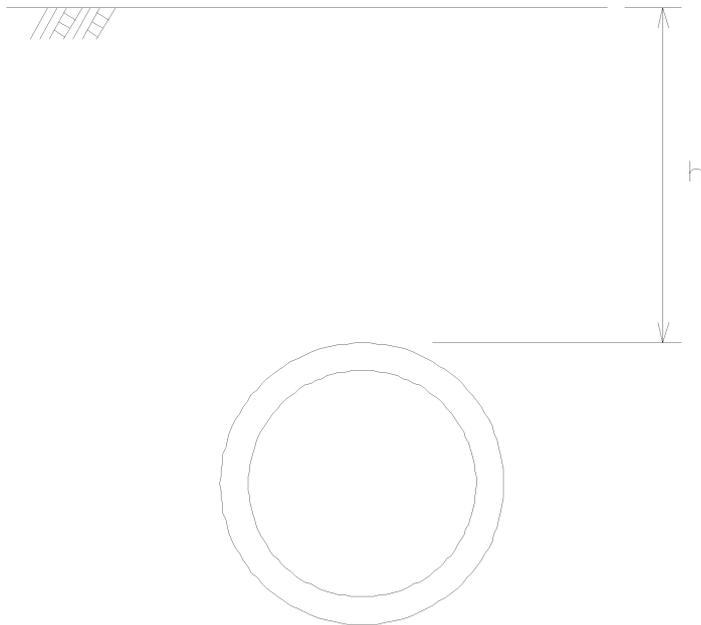
1.1 設計条件

1.1.1 基本条件

適用基準 : 道路土工 カルバート工指針
管種 : コルゲートメタルカルバート
断面形状 : 円形
波形 : 2形

1.1.2 計算条件

直径 : 3000 (mm)
土被り h : 7.000 (m)
板厚 : 4.00 (mm)
裏込めの種類 : B
据付角 : 0.0 (°)



1.2 荷重

1.2.1 鉛直土圧

盛土または埋戻土によって生じる鉛直土圧 q_d は次式によって計算する。

$$q_d = \quad \cdot h$$

ここに

- q_d : 鉛直土圧 (kN/m²)
- : 土の単位体積重量 = 18.00 (kN/m³)
- h : 土被り = 7.000 (m)

$$\begin{aligned} q_d &= \quad \cdot h \\ &= 18.000 \times 7.000 \\ &= 126.000 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

1.2.2 活荷重による鉛直荷重

$$q_l = q_{lw}$$

$$q_{lw} = \frac{2 \cdot P \cdot (1 + i) \cdot \beta}{2.75 \cdot (0.20 + 2 \cdot h)}$$

ここに、

- q_l : 活荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
- q_{lw} : 輪荷重による鉛直荷重 (kN/m²)
- P : 輪荷重 = 100.00 (kN)
- h : 土かぶり = 7.000 (m)
- i : 衝撃係数 = 0.000
- : 断面力の低減係数 = 0.900

$$\begin{aligned} q_{lw} &= \frac{2 \cdot P \cdot (1 + i) \cdot \beta}{2.75 \cdot (0.20 + 2 \cdot h)} \\ &= \frac{2 \times 100.00 \times (1 + 0.000) \times 0.900}{2.75 \times (0.20 + 2 \times 7.000)} \\ &= 4.609 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_l &= q_{lw} \\ &= 4.609 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

1.3 管体の設計

コルゲートメタルカルバートの板厚を決定するには、次に示す4項目の検討を行う。

- 1) 施工中の断面剛性の検討
- 2) 軸方向継手強さの検討
- 3) コルゲートセクションの座屈強さの検討
- 4) コルゲートメタルカルバートのたわみの検討

1.3.1 施工中の断面剛性の検討

コルゲートメタルカルバートは、組立て開始から裏込め完了までの各種の荷重により施工性に悪影響を与えるような大きなたわみを生じさせないように十分な断面剛性を有しなければならない。そのためには以下の式を満足する必要がある。

$$FF = \frac{D^2}{E \cdot I} \leq FFa$$

ここに、

FF : Flexibility Factor (mm/N)

FFa : FF の制限値 = 0.11 (mm/N)

D : コルゲートメタルカルバートの直径または最大スパン = 3000 (mm)

E : 材料のヤング係数 = 2.0×10^5 (N/mm²)

I : 板厚による断面二次モーメント = 1320.0 (mm⁴/mm)

$$\begin{aligned} FF &= \frac{D^2}{E \cdot I} \\ &= \frac{3000^2}{2.0 \times 10^5 \times 1320.0} \\ &= 0.0341 \end{aligned}$$

よって、

$$FF = 0.0341 \text{ (mm/N)} \quad FFa = 0.11 \text{ (mm/N)} \text{ となり、OK}$$

1.3.2 軸方向継手強さの検討

埋設されたコルゲートパイプに発生する周方向の圧縮力に対して十分安全でなければならない。そのためには、次式を満足しなければならない。

$$Fs = \frac{\sigma y}{P} \geq Fsa$$

$$P = (qd + ql) \cdot \frac{D}{2}$$

ここに、

Fs : 安全率

Fsa : 許容安全率 = 3.0

y : 軸方向継手強さ = 855.00 (kN/m)

P : 周方向圧縮力 (kN/m)

qd : 鉛直土圧 (kN/m²)

ql : 活荷重による鉛直荷重 (kN/m²)

D : コルゲートメタルカルバートの直径または最大スパン = 3.000 (m)

$$P = (q_d + q_l) \cdot \frac{D}{2}$$

$$= (126.000 + 4.609) \times \frac{3.000}{2}$$

$$= 195.91 \text{ (kN/m)}$$

$$F_s = \frac{\sigma_y}{P}$$

$$= \frac{855.00}{195.91}$$

$$= 4.36$$

よって、

$$F_s = 4.36 \quad F_{sa} = 3.00 \text{ となり、OK}$$

1.3.3 コルゲートセクションの座屈強さの検討

コルゲートパイプは、座屈に対しても十分に安全であるよう次式を満足しなければならない。

$$F_s = \frac{f_e \cdot A}{P} \geq F_{sa}$$

ここに、

F_s : 安全率

F_{sa} : 許容安全率 = 2.00

P : 周方向圧縮力 = 195.91 (N/mm)

A : セクションの断面積 = 4.891 (mm²/mm)

f_e : 座屈応力 (N/mm²)

$$i) \quad D \leq \frac{r}{K} - \sqrt{\frac{24 \cdot E}{f_u}} \text{ のとき、 } f_e = f_u - \frac{f_u^2}{46 \cdot E} \cdot \left(\frac{K \cdot D}{r}\right)^2$$

$$ii) \quad D > \frac{r}{K} - \sqrt{\frac{24 \cdot E}{f_u}} \text{ のとき、 } f_e = \frac{12 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot D}{r}\right)^2}$$

ここに、

f_u : 鋼の引張り強さ = 274.00 (N/mm²)

E : 鋼のヤング係数 = 2.0 × 10⁵ (N/mm²)

r : コルゲートセクションの断面二次半径 = 16.428 (mm)

D : コルゲートメタルカルバートの直径または最大スパン = 3000 (mm)

K : 土の剛性係数 = 0.22

$$\frac{r}{K} - \sqrt{\frac{24 \cdot E}{f_u}} = \frac{16.428}{0.22} - \sqrt{\frac{24 \times 2.0 \times 10^5}{274.00}} = -57.7 \text{ (mm)}$$

$D = 3000 \text{ (mm)} > -57.7 \text{ (mm)}$ より、ii)式にて f_e を算出

$$f_e = \frac{12 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot D}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{12 \times 2.0 \times 10^5}{\left(\frac{0.22 \times 3000}{16.428}\right)^2}$$

$$= 1486.96 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$F_s = \frac{f_e \cdot A}{P}$$

$$= \frac{1486.96 \times 4.891}{195.91}$$

$$= 37.12$$

よって、

$$F_s = 37.12 \quad F_{sa} = 2.00 \text{ となり、OK}$$

1.3.4 コルゲートメタルカルバートのたわみの検討

コルゲートメタルカルバートは、Spanglerの式によってたわみを求め、これが直径の5.0%以内になるようにしなければならない。

< a

$$\eta = F_d \cdot F_k \cdot \frac{Q \cdot r^3}{E \cdot I + 0.061 \cdot E' \cdot r^3}$$

$$E' = \frac{E_s}{2 \cdot (1 - \mu^2)}$$

ここに、

： 水平方向のたわみ量 (mm)

$$a : \text{許容たわみ量} = 0.050 \cdot D = 0.050 \times 3000 = 150.0 \text{ (mm)}$$

F_d : 土の経時変化(クリープ)係数 = 1.25

F_k : 据付角による係数 = 0.110

r : コルゲートメタルカルバートの呼称径の1/2 = 3000 / 2 = 1500.0 (mm)

E : 鋼のヤング係数 = 2.0 × 10⁵(N/mm²)

I : コルゲートセクションの断面二次モーメント = 1320.0 (mm⁴/mm)

Q : カルバート単位長さ当りの鉛直荷重 (N/mm)

$$Q = 2 \cdot r \cdot (q_d + q_l)$$

ここに、

q_d : 鉛直土圧 (N/mm²)

q_l : 活荷重による鉛直荷重 (N/mm²)

$$Q = 2 \cdot r \cdot (q_d + q_l)$$

$$= 2 \times 1500.0 \times (126.000 \times 10^{-3} + 4.609 \times 10^{-3})$$

$$= 391.83 \text{ (N/mm)}$$

E_s : 土の変形係数 = 14.7 (N/mm²)

μ : 土のポアソン比 = 0.5

$$E' = \frac{E_s}{2 \cdot (1 - \mu^2)} = \frac{14.7}{2 \times (1 - 0.5^2)}$$

$$= 9.8$$

$$\eta = F_d \cdot F_k \cdot \frac{Q \cdot r^3}{E \cdot I + 0.061 \cdot E' \cdot r^3}$$

$$= 1.25 \times 0.110 \times \frac{391.83 \times 1500.0^3}{2.0 \times 10^5 \times 1320.0 + 0.061 \times 9.8 \times 1500.0^3}$$

$$= 79.7 \text{ (mm)}$$

よって、

$$= 79.7 \text{ (mm)} \quad a = 150.0 \text{ (mm) となり、OK}$$

1.3.5 結果一覧

コルゲートメタルカルバートの板厚 = 4.0 (mm)

	記号	単位	結果		判定
施工中の断面剛性の検討	FF, FFa	mm/N	0.0341	0.11	OK
軸方向継手強さの検討	Fs, Fsa		4.36	3.00	OK
コルゲートセクションの座屈強さの検討	Fs, Fsa		37.12	2.00	OK
コルゲートメタルカルバートのたわみの検討	, a	mm	79.7	150.0	OK