

ボックスカルバートの地震時設計

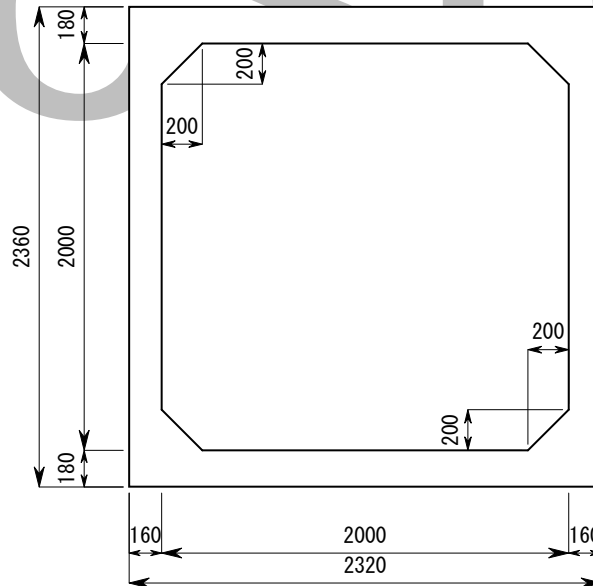
人孔とボックスカルバートの接続部の検討

1. 設計条件

(1) 設計地震動

地震動	レベル 2
-----	-------

(2) 概要図



(3) ボックスカルバート条件

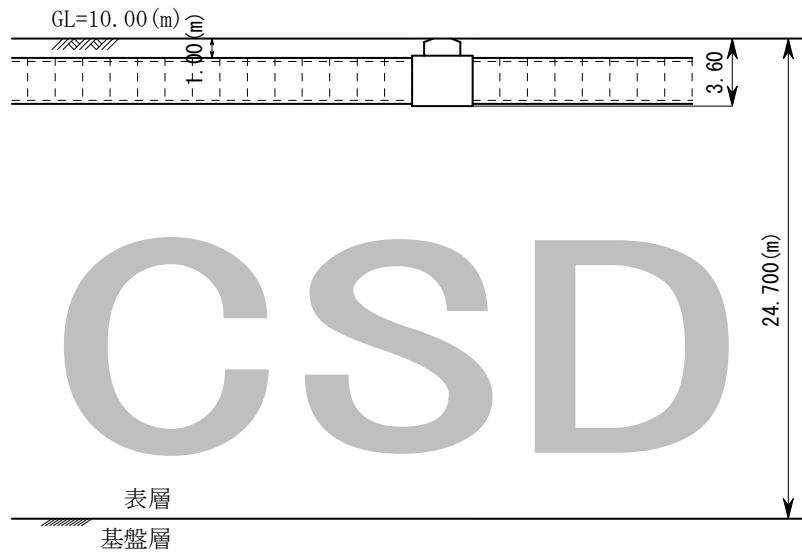
1) 寸法諸元

製品名称	RCボックスカルバート
呼び寸法	2000×2000
形状	標準タイプ

項目	規定寸法
内 幅 B (mm)	2000
内 高 H (mm)	2000
頂版厚 T ₁ (mm)	180
底版厚 T ₂ (mm)	180
左側壁厚 T ₃ (mm)	160
右側壁厚 T ₄ (mm)	160
外 幅 B ₀ (mm)	2320
外 高 H ₀ (mm)	2360
頂版ハンチ高 C ₁ (mm)	200
底版ハンチ高 C ₂ (mm)	200
有効長 L _p (mm)	2000

(4) 埋設条件

地表標高 GL (m)	10.00
土被り H (m)	1.00
人孔深さ h (m)	3.60



(5) 土質条件

調査名 Bor. No. 1

層 No	深度 (m)	層厚 (m)	土質区分	平均N値 N
1	0.000~ 0.500	0.500	砂質土	2.000
2	0.500~ 3.300	2.800	砂質土	5.000
3	3.300~ 5.200	1.900	粘性土	3.000
4	5.200~ 8.500	3.300	砂質土	10.000
5	8.500~20.700	12.200	粘性土	2.000
6	20.700~24.700	4.000	砂質土	12.000

CSD

2. レベル2地震動による検討

(1) 表層地盤の特性値

表層地盤の特性値は、次式より求める。

$$T_G = 4 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{Si}}$$

ここに、

T_G : 表層地盤の特性値 (s)

H_i : i 番目の地層の厚さ (m)

V_{Si} : i 番目の地層の平均せん断弾性波速度 (m/s)

粘性土層の場合 $V_{Si} = 100 N_i^{1/3}$ ($1 \leq N_i \leq 25$)

砂質土層の場合 $V_{Si} = 80 N_i^{1/3}$ ($1 \leq N_i \leq 50$)

$N_i = 0$ の場合 $V_{Si} = 50$

N_i : 標準貫入試験による i 番目の地層の平均 N 値

i : 当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分されるとき、地表面から i 番目の地層の番号。
基盤面とは、粘性土層の場合は N 値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面、もしくは、せん断弾性波速度が 300m/s 程度以上の地層の上面をいう。

よって、表層地盤の特性値 T_G は、次のようになる。

層 No	土質区分	層厚 H_i (m)	平均 N 値 N_i	せん断弾性波速度 V_{Si} (m/s)	H_i/V_{Si} (s)
1	砂質土	0.500	2.000	100.794	0.00496
2	砂質土	2.800	5.000	136.798	0.02047
3	粘性土	1.900	3.000	144.225	0.01317
4	砂質土	3.300	10.000	172.355	0.01915
5	粘性土	12.200	2.000	125.992	0.09683
6	砂質土	4.000	12.000	183.154	0.02184
					0.17642

$$\begin{aligned} T_G &= 4 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{Si}} \\ &= 4 \times 0.17642 = 0.706 \text{ (s)} \end{aligned}$$

(2) 表層地盤の固有周期

表層地盤の固有周期は、次のようになる。

$$\begin{aligned} T_S &= 1.25 \cdot T_G \\ &= 1.25 \times 0.706 = 0.883 \text{ (s)} \end{aligned}$$

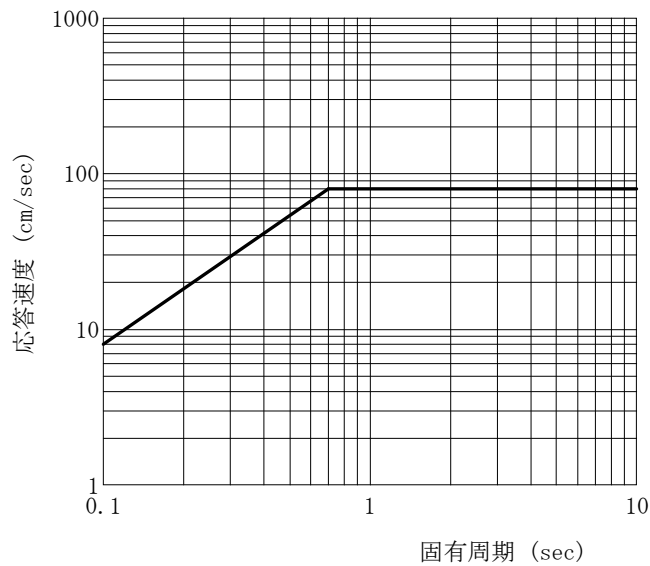
ここに、

T_S : 表層地盤の固有周期 (s)

T_G : 表層地盤の特性値 $T_G = 0.706$ (s)

(3) 設計応答速度

レベル2地震動の設計応答速度 S_V を下図より求めると、
 $S_V = 0.800$ (m/s) となる。



(4) 表層地盤のせん断弾性波速度

表層地盤のせん断弾性波速度は、次式より求める。

$$V_{Ds} = \frac{4 \cdot H}{T_s}$$

ここに、

V_{Ds} : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.883$ (s)

よって、表層地盤のせん断弾性波速度は、以下のようになる。

$$V_{Ds} = \frac{4 \times 24.700}{0.883} = 111.891 \text{ (m/s)}$$

(5) 基盤のせん断弾性波速度

基盤のせん断弾性波速度は、以下の様に定める。

$$V_{Bs} = 300.000 \text{ (m/s)}$$

(6) 地盤振動の波長

地盤振動の波長は、次式より求める。

$$L = \frac{2 \cdot L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}, \quad L_1 = T_s \cdot V_{Ds}, \quad L_2 = T_s \cdot V_{Bs}$$

ここに、

L : 地盤振動の波長 (m)

L₁ : 表層地盤の地盤振動の波長

L₂ : 基盤面の地盤振動の波長

T_s : 表層地盤の固有周期 T_s = 0.883 (s)

V_{Ds} : 表層地盤のせん断弾性波速度 V_{Ds} = 111.891 (m/s)

V_{Bs} : 基盤面のせん断弾性波速度 V_{Bs} = 300.000 (m/s)

ここで、

$$L_1 = 0.883 \times 111.891 = 98.800 \text{ (m)}$$

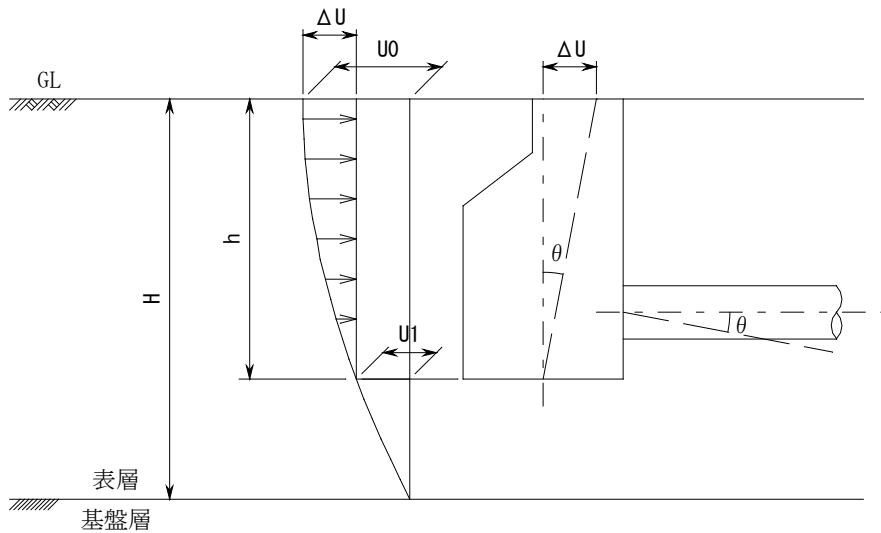
$$L_2 = 0.883 \times 300.000 = 264.900 \text{ (m)}$$

よって、地盤振動の波長Lは、次のようになる。

$$L = \frac{2 \times 98.800 \times 264.900}{98.800 + 264.900} = 143.921 \text{ (m)}$$

CSD

3. 地震動による屈曲角の検討



地震動による屈曲角は、上図に示すようにマンホールと本管の回転角を同値と見なし、次式より求める。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta U}{h} \right)$$

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

$$\Delta U = U_h(0) - U_h(h) = U_0 - U_1$$

ここに、

- θ : 地震動による屈曲角(°)
- $U_h(z)$: 地表面からの深さ z における地盤の水平変位振幅(m)
- S_v : 設計応答速度 $S_v = 0.800$ (m/s)
- T_s : 表層地盤の固有周期 $T_s = 0.883$ (s)
- H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

地表面での地盤の水平変位振幅

$$U_h(0) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.80000 \times 0.883 \times \cos \left(\frac{\pi \times 0}{2 \times 24.700} \right) = 0.14315 \text{ (m)}$$

マンホール下端での地盤の水平変位振幅 (マンホールの深さ $h = 3.60$ (m))

$$U_h(3.60) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.80000 \times 0.883 \times \cos \left(\frac{\pi \times 3.60}{2 \times 24.700} \right) = 0.13941 \text{ (m)}$$

$$\Delta U = U_h(0) - U_h(3.60) = 0.14315 - 0.13941 = 0.00374 \text{ (m)}$$

よって、地震動による屈曲角 θ は、次のようになる。

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{0.00374}{3.60} \right) = 0.00104 \text{ (rad)} = 0.060 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$= 0^\circ 3' 36'' \text{ (}^\circ\text{)} \leq \theta_{o2} = 0.73 \text{ (}^\circ\text{)} - 0. \text{K} -$$

4. 地震動による抜出し量の検討

(1) 地盤の水平変位振幅

躯体重心位置での地盤の水平変位振幅は、次式より求める。

$$U_h(z) = \frac{2}{\pi^2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{\pi \cdot z}{2 \cdot H}$$

ここに、

- $U_h(z)$: 躯体重心位置での地盤の水平変位振幅 (m)
- z : 躯体重心位置の地表面からの深さ (m)
- S_v : 設計応答速度 $S_v = 0.800$ (m/s)
- T_s : 固有周期 $T_s = 0.883$ (s)
- H : 表層地盤の厚さ $H = 24.700$ (m)

躯体重心位置の地表面からの深さ z は、

$$\begin{aligned} z &= H + G \\ &= 1.00 + 1.180 \\ &= 2.180 \text{ (m)} \end{aligned}$$

ここに、

- z : 地表面から躯体重心位置までの距離
- H : 土被り $H = 1.00$ (m)
- G : 頂版上面から重心までの距離 $G = 1.180$ (m)

よって、地盤の水平変位振幅 $U_h(2.180)$ は、次のようになる。

$$U_h(2.180) = \frac{2}{\pi^2} \times 0.800 \times 0.883 \times \cos \left(\frac{\pi \times 2.180}{2 \times 24.700} \right) = 0.14177 \text{ (m)}$$

(2) 地震動により地盤に生じるひずみ

地震動により地盤に生じるひずみは、次式より求める。

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{L} U_h(z)$$

ここに、

- ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ
- L : 地盤振動の波長 $L = 143.921$ (m)
- $U_h(z)$: 検討位置での最大変位振幅 $U_h(2.180) = 0.14177$ (m)

よって、地震動により地盤に生じるひずみ ε_{gd} は、次のようになる。

$$\varepsilon_{gd} = \frac{\pi}{143.921} \times 0.14177 = 0.003095$$

(3) 地震動による抜出し量

地震動による抜出し量は、次式より求める。

$$\delta = \varepsilon_{gd} \cdot L_p$$

ここに、

- δ : 地震動による抜出し量 (mm)
- ε_{gd} : 地震動により地盤に生じるひずみ $\varepsilon_{gd} = 0.003095$
- L_p : 有効長 $L_p = 2000.000$ (mm)

よって、地震動による抜出し量 δ は、次のようになる。

$$\delta = 0.003095 \times 2000.000 = 6.19 \text{ (mm)}$$

5. 地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抽出し量

護岸近傍（護岸より100m以内）における液状化地盤の永久ひずみによる抽出し量は、次式より求める。

$$\delta = \varepsilon_g \cdot L_p$$

ここに、

δ : 地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抽出し量(mm)

ε_g : 地盤の液状化に伴う永久ひずみ $\varepsilon_g = 0.01500$

L_p : 有効長 $L_p = 2000.000$ (mm)

よって、地盤の液状化に伴う抽出し量 δ は、次のようになる。

$$\delta = 0.01500 \times 2000 = 30.00 \text{ (mm)}$$

6. 急傾斜地の永久ひずみによる抽出し量

非液状化の傾斜地盤における永久ひずみによる抽出し量は、次式より求める。

$$\delta = \varepsilon_g \cdot L_p$$

ここに、

δ : 傾斜地の永久ひずみによる抽出し量(mm)

ε_g : 傾斜地の永久ひずみ $\varepsilon_g = 0.01300$

L_p : 有効長 $L_p = 2000$ (mm)

よって、急傾斜地の抽出し量 δ は、次のようになる。

$$\delta = 0.01300 \times 2000 = 26.00 \text{ (mm)}$$

7. 安全性の検討

	計算値	許容値	判定
地震動による屈曲角(°)	0° 3' 36"	0° 43' 48"	○
地震動による抽出し量(mm)	6.19	30.00	○
地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抽出し量(mm)	30.00	30.00	○
急傾斜地の永久ひずみによる抽出し量(mm)	26.00	30.00	○

CSD