

# ボックスカルバートの地震時設計

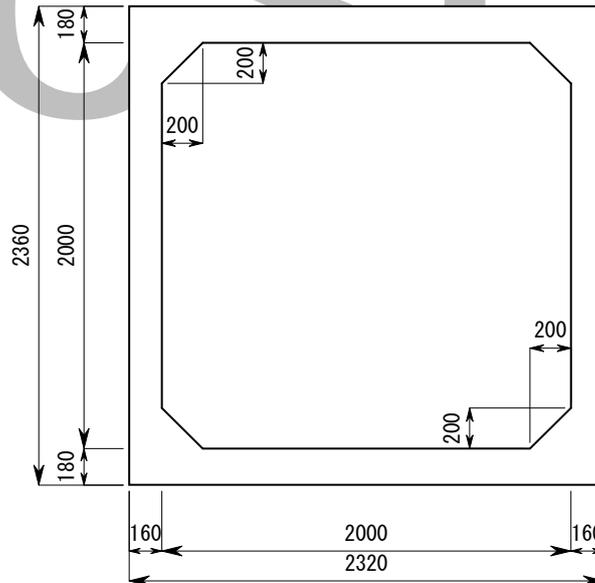
## ボックスカルバートの継手部の検討

### 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

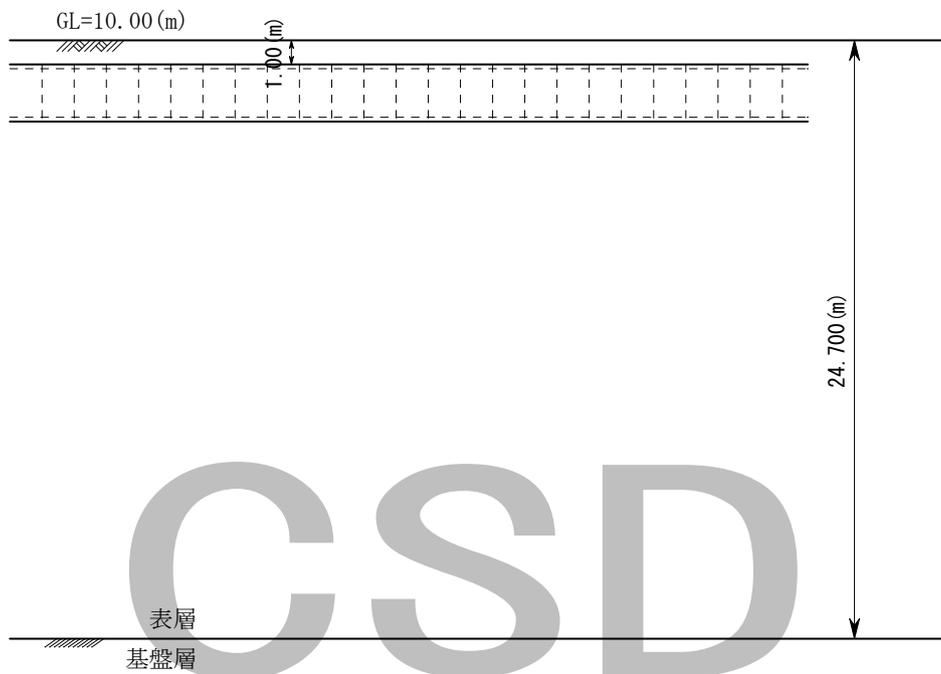
##### 1) 寸法諸元

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 <sub>1</sub> (mm)	180
底版厚 T <sub>2</sub> (mm)	180
左側壁厚 T <sub>3</sub> (mm)	160
右側壁厚 T <sub>4</sub> (mm)	160
外 幅 B <sub>0</sub> (mm)	2320
外 高 H <sub>0</sub> (mm)	2360
頂版ハンチ高 C <sub>1</sub> (mm)	200
底版ハンチ高 C <sub>2</sub> (mm)	200
有効長 L <sub>p</sub> (mm)	2000

#### (4) 埋設条件

地表標高 GL (m)	10.00
土被り H (m)	1.00



(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。

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

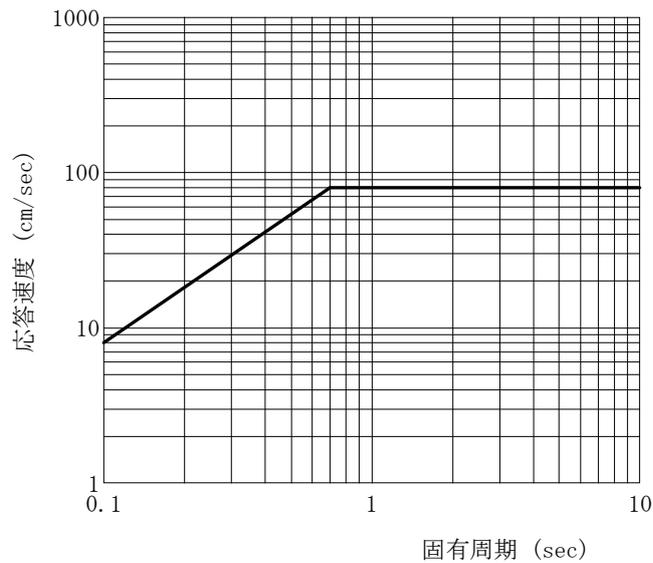
ここに、

$T_S$  : 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)

L<sub>1</sub> : 表層地盤の地盤振動の波長

L<sub>2</sub> : 基盤面の地盤振動の波長

T<sub>s</sub> : 表層地盤の固有周期 T<sub>s</sub> = 0.883 (s)

V<sub>Ds</sub> : 表層地盤のせん断弾性波速度 V<sub>Ds</sub> = 111.891 (m/s)

V<sub>Bs</sub> : 基盤面のせん断弾性波速度 V<sub>Bs</sub> = 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、

- $\varepsilon_{gd}$  : 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  $\varepsilon_{gd}$  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、

- $\delta$  : 地震動による抜出し量 (mm)
- $\varepsilon_{gd}$  : 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  $\delta$  は、次のようになる。

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

#### 4. 地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抜出し量

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抜出し量は、次式より求める。

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

ここに、

$\delta$  : 地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抜出し量(mm)

$\varepsilon_g$  : 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抜出し量  $\delta$  は、次のようになる。

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

#### 5. 急傾斜地の永久ひずみによる抜出し量

非液状化の傾斜地盤における永久ひずみによる抜出し量は、次式より求める。

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

ここに、

$\delta$  : 傾斜地の永久ひずみによる抜出し量(mm)

$\varepsilon_g$  : 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、急傾斜地の抜出し量  $\delta$  は、次のようになる。

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

#### 6. 安全性の検討

	計算値	許容値	判定
地震動による抜出し量 (mm)	6.19	30.00	○
地盤の液状化に伴う永久ひずみによる抜出し量 (mm)	30.00	30.00	○
急傾斜地の永久ひずみによる抜出し量 (mm)	26.00	30.00	○

CSD