



下水道耐震計算（ボックス縦方向）  
現場打ちボックスカルバート

出力例

2006年11月版

# 目次

1	設計条件	1
1-1	適用基準	1
1-2	重要度	1
1-3	設計対象地震動	1
1-4	構造形式	1
1-5	計算条件	1
1-6	構造寸法	2
1-7	コンクリート材料	2
1-8	継手間隔	3
1-9	継手	3
1-10	配筋設定	3
1-11	鉄筋材料	4
1-12	地盤条件	4
1-13	土質条件	5
2	地盤条件	6
2-1	表層地盤の換算単位体積重量	6
2-2	耐震設計上の地盤種別	7
2-3	表層地盤の固有周期	8
2-4	設計応答速度	8
2-5	表層地盤のせん断弾性波速度	9
2-6	表層地盤のせん断変形係数	9
2-7	地盤の剛性係数	10
3	地震振動の波長・変位振幅の計算	11
3-1	地震振動の波長	11
3-2	地盤の変位振幅	12
4	地震時断面力の算出	13
4-1	地震時軸力の計算	15
4-2	地震時曲げモーメントの計算	16
5	断面照査	17
6	マンホールと矩形きよの接続部	18
6-1	地震動の影響(屈曲角)	18
6-2	地震動の影響(拔出し量)	19
7	矩形きよと矩形きよの継手部	21
7-1	地震動の影響(拔出し量)	21
8	計算結果一覧表	22

現場打ちボックスカルバート（開削用、直接基礎）

## 1 設計条件

### 1-1 適用基準

適用基準 「下水道施設の耐震対策指針と解説 - 2006年版 - 」 社団法人 日本下水道協会  
 参考文献 「下水道施設耐震計算例 - 管路施設編 - 」 社団法人 日本下水道協会

### 1-2 重要度

重要な幹線等

### 1-3 設計対象地震動

レベル1 A

### 1-4 構造形式

現場打ちボックスカルバート1連1層

### 1-5 計算条件

許容応力度の地震時割増し係数 1.5

地震時断面力の方向

軸力	圧縮方向	引張方向
曲げモーメント(水平面内)	両方向	片方向
曲げモーメント(鉛直面内)	両方向	片方向

断面力低減係数算出方法

共同溝設計指針(図-解6.4.4~6.4.6)  
 共同溝設計指針(付1-2~1-3)  
 任意入力

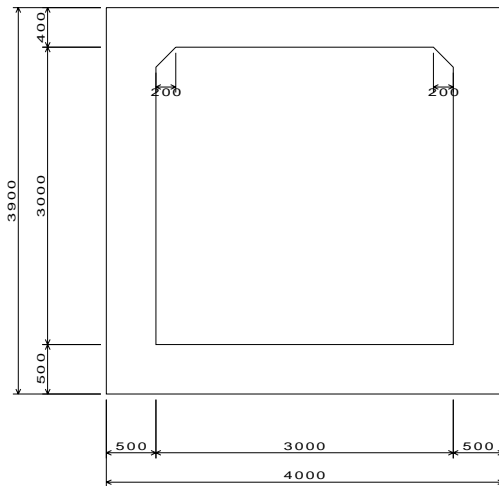
照査を行う断面形状

中空矩形断面  
 T型断面  
 I型断面

断面照査タイプ

複鉄筋  
 単鉄筋

## 1-6 構造寸法



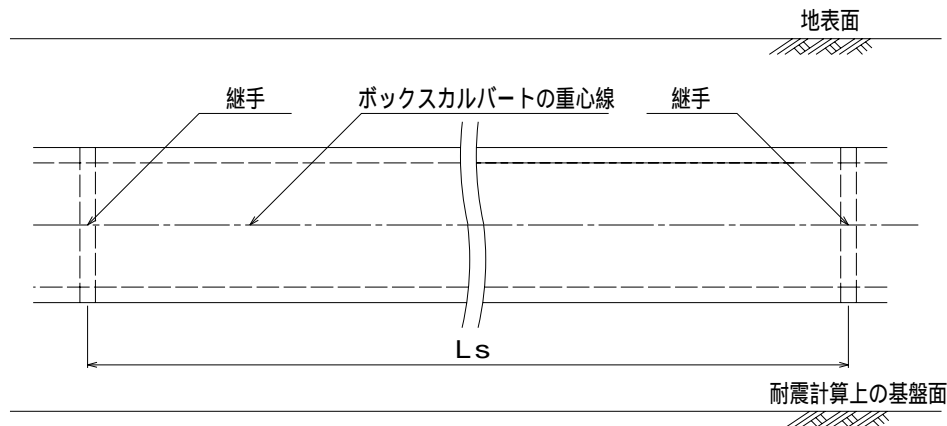
外幅	$h_h = 4000$ (mm)	ハンチ高	$C_1 = 200$ (mm)
外高	$h_v = 3900$ (mm)		$C_2 = 200$ (mm)
中空幅	$B_1 = 3000$ (mm)		$C_3 = 0$ (mm)
中空高	$H_1 = 3000$ (mm)		$C_4 = 0$ (mm)
頂版厚	$T_1 = 400$ (mm)		
底版厚	$T_2 = 500$ (mm)		
左側壁厚	$T_3 = 500$ (mm)		
右側壁厚	$T_4 = 500$ (mm)		

土被り	$d = 1.500$ (m)
躯体重心位置	$Z_G = 3.518$ (m)
コンクリートの断面積	$A_c = 6.600000$ (m <sup>2</sup> )
断面2次モーメント(水平面内)	$I_h = 14.05000$ (m <sup>4</sup> )
断面2次モーメント(鉛直面内)	$I_v = 12.96982$ (m <sup>4</sup> )

## 1-7 コンクリート材料

材料強度	$f'_{ck} = 24.0$ (N/mm <sup>2</sup> )
ヤング係数	$E_c = 25000.0$ (N/mm <sup>2</sup> ) $= 2.500 \times 10^7$ (kN/m <sup>2</sup> )
許容曲げ圧縮応力度	$\sigma_{ca} = 8.00$ (N/mm <sup>2</sup> )

## 1-8 継手間隔



継手間隔

$$L_s = 25.000 \text{ (m)}$$

## 1-9 継手

マンホールと矩形きよの接続部

地震動による屈曲角と拔出し量

マンホールの深さ

$$h' = 5.400 \text{ (m)}$$

最大拔出し量(レベル1地震動時)

$$u_a = 30 \text{ (mm)}$$

最大屈曲角(レベル1地震動時)

$$a = 0.00769 \text{ (rad)}$$

矩形きよと矩形きよの継手部

地震動による拔出し量

最大拔出し量(レベル1地震動時)

$$u_a = 30 \text{ (mm)}$$

## 1-10 配筋設定

名称 現場打ちボックスカルバート(1層1連)

呼び寸法 3000 × 3000

主鉄筋(左側壁)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋材料	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )
外側 1	100.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						
内側 1	100.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						

## 主鉄筋(右側壁)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋材料	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )
外側 1	100.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						
内側 1	100.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						

## 主鉄筋(頂版)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋材料	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )
外側 1	100.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						
内側 1	100.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						

## 主鉄筋(底版)

段	かぶり (mm)	ピッチ (mm)	鉄筋材料	鉄筋径	本数	鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )
外側 1	110.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						
内側 1	110.0	250	SD345	D13	14.0	1773.80
2						

## 1-11 鉄筋材料

材質	SD345
材料強度	$f_{yk} = 345.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
ヤング係数	$E_s = 200000.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
許容引張応力度	$\sigma_{sa} = 200.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

## 1-12 地盤条件

せん断変形係数の計算に用いる土質定数

表層地盤

設計応答速度

下水道協会の指針に示すグラフより算出

任意入力

地盤の特性値

せん断弾性波速度 $V_s$ より算出

任意入力

表層地盤の固有周期 $T_s$ の算出式

$$T_s = 1.25T_G$$

## 地盤の剛性係数に対する係数

軸方向	$C_1 = 1.000$
水平方向	$C_2 = 1.000$
鉛直方向	$C_3 = 3.000$

## 基盤のせん断弾性波速度

指定	$V_{BS} = 300.000 \text{ (m/s)}$
N値より算出	

## 1-13 土質条件

## 表層のせん断弾性波速度

N値より算出

実測値

## 表層の土質条件

	深度 (m)	層厚 $H_i$ (m)	土質名	N値	せん断弾性波 速度 $V_{si}$ (m/s)	土の単位体積 重量 $t_i$ (kN/m <sup>3</sup> )
1	0.500	0.500	砂質土	2.000		18.00
2	3.300	2.800	砂質土	5.000		17.00
3	5.200	1.900	粘性土	3.000		16.00
4	8.500	3.300	砂質土	10.000		17.00
5	20.700	12.200	粘性土	2.000		16.00
6	24.700	4.000	砂質土	12.000		17.00

## 2 地盤条件

### 2-1 表層地盤の換算単位体積重量

表層地盤の換算単位体積重量は、次式により求める。

$$t_{eq} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i \cdot H_i)}{H}$$

ここに、

$t_{eq}$  : 表層地盤の換算単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$t_i$  : i番目の土の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$H_i$  : i番目の層厚 (m)

$H$  : 表層地盤の厚さ (m)

$$H = \sum_{i=1}^n H_i$$

よって、表層地盤の換算単位体積重量は、次のようになる。

土層 番号	層厚 $H_i$ (m)	土の単位体積重量 $t_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	$t_i \cdot H_i$
1	0.500	18.00	9.00
2	2.800	17.00	47.60
3	1.900	16.00	30.40
4	3.300	17.00	56.10
5	12.200	16.00	195.20
6	4.000	17.00	68.00
	24.700		406.30

$$\begin{aligned} t_{eq} &= \frac{406.30}{24.700} \\ &= 16.45 \text{ (kN/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

## 2-2 耐震設計上の地盤種別

耐震設計上の地盤種別は、次式で算出される地盤の特性値 $T_G$ をもとに区分する。

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

ここに、

$T_G$  : 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)

ただし、実測値がない場合は次式から求めても良い。

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

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

$$\text{土質に関わらず } N_i = 0 \text{ のとき } V_{Si} = 50$$

$N_i$  : 標準貫入試験による $i$ 番目の地層の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

耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 $T_G$ (s)
種	$T_G < 0.2$
種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
種	$T_G \geq 0.6$

ここで、設計条件の耐震設計上の地盤種別を判定すると次のようになる。

土層 番号	深度 (m)	土質名	$H_i$ (m)	N値	$V_{Si}$ (m/s)	$H_i/V_{Si}$ (s)
1	0.500	砂質土	0.500	2.000	100.794	0.00496
2	3.300	砂質土	2.800	5.000	136.798	0.02047
3	5.200	粘性土	1.900	3.000	144.225	0.01317
4	8.500	砂質土	3.300	10.000	172.355	0.01915
5	20.700	粘性土	12.200	2.000	125.992	0.09683
6	24.700	砂質土	4.000	12.000	183.154	0.02184
						0.17642

よって、地盤の特性値 $T_G$ は、次のようになる。

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

ゆえに、表層地盤の種別は 種 とする。

### 2-3 表層地盤の固有周期

表層地盤の固有周期は、次式により求める。

$$T_s = 1.25 \times T_G$$

ここに、

$T_s$  : 表層地盤の固有周期 (s)

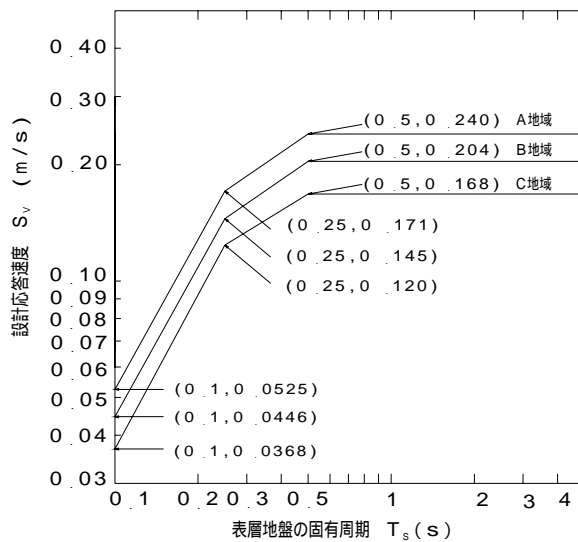
$T_G$  : 地盤の特性値 (s)

よって、表層地盤の固有周期 $T_s$ は、次のようになる。

$$T_s = 1.25 \times 0.706 = 0.883 \text{ (s)}$$

### 2-4 設計応答速度

設計応答速度は、表層地盤の固有周期 $T_s$ より次の図から求める。



よって、

レベル1地震動 :  $S_v = 0.24000 \text{ (m/s)}$

## 2-5 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、次式により求める。

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

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 (m)

$T_s$  : 表層地盤の固有周期 (s)

よって、表層地盤のせん断弾性波速度は、次のようになる。

$$\begin{aligned} V_{Ds} &= \frac{4 \cdot H}{T_s} \\ &= \frac{4 \times 24.700}{0.883} \\ &= 111.955 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

## 2-6 表層地盤のせん断変形係数

表層地盤のせん断変形係数は、次式により求める。

$$G_s = \frac{\gamma_{eq} \cdot V_{Ds}^2}{g}$$

ここに、

$G_s$  : 表層地盤のせん断変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_{eq}$  : 表層地盤の換算単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$V_{Ds}$  : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

よって、表層地盤のせん断変形係数は、次のようになる。

$$\begin{aligned} G_s &= \frac{\gamma_{eq} \cdot V_{Ds}^2}{g} \\ &= \frac{16.45}{9.8} \times 111.955^2 \\ &= 21038.18 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

## 2-7 地盤の剛性係数

地盤の剛性係数は、次式により求める。

$$K_1 = C_1 \cdot G_s$$

$$K_2 = C_2 \cdot G_s$$

$$K_3 = C_3 \cdot G_s$$

ここに、

$K_1$  : 軸方向の地盤の剛性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$K_2$  : 水平方向の地盤の剛性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$K_3$  : 鉛直方向の地盤の剛性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$G_s$  : 表層地盤のせん断変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$C_1, C_2, C_3$  : 地盤の剛性係数に対する係数

よって、地盤の剛性係数は、次のようになる。

$$K_1 = C_1 \cdot G_s = 1.000 \times 21038.18 = 21038.18 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$K_2 = C_2 \cdot G_s = 1.000 \times 21038.18 = 21038.18 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$K_3 = C_3 \cdot G_s = 3.000 \times 21038.18 = 63114.55 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

以上の結果より、表層地盤を一層系にした場合の諸定数値を次に示す。

表層地盤を一層系にした場合の諸定数値

項 目		数 値
表層地盤の厚さ	H (m)	24.700
表層地盤の換算単位体積重量	$\gamma_{eq}$ (kN/m <sup>3</sup> )	16.45
地盤の特性値	$T_G$ (s)	0.706
表層地盤の固有周期	$T_s$ (s)	0.883
表層地盤のせん断弾性波速度	$V_{DS}$ (m/s)	111.955
表層地盤のせん断変形係数	$G_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	21038.18
地盤の剛性係数(軸方向)	$K_1$ (kN/m <sup>2</sup> )	21038.18
地盤の剛性係数(軸直角水平方向)	$K_2$ (kN/m <sup>2</sup> )	21038.18
地盤の剛性係数(軸直角鉛直方向)	$K_3$ (kN/m <sup>2</sup> )	63114.55
設計応答速度(レベル1地震動時)	$S_v$ (m/s)	0.24000

### 3 地震振動の波長・変位振幅の計算

#### 3-1 地震振動の波長

地震振動の波長は、調和平均の考え方を採用し次式により求める。

$$L = \frac{2L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$
$$L_1 = V_{DS} \cdot T_s = 4H$$
$$L_2 = V_{BS} \cdot T_s$$

ここに、

- L : 地震振動の波長 (m)
- T<sub>s</sub> : 表層地盤の固有周期 (s)
- V<sub>DS</sub> : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)
- V<sub>BS</sub> : 基盤のせん断弾性波速度 (m/s)
- H : 表層地盤の厚さ (m)

よって、

$$L_1 = V_{DS} \cdot T_s = 111.955 \times 0.883 = 98.800 \text{ (m)}$$
$$L_2 = V_{BS} \cdot T_s = 300.000 \times 0.883 = 264.750 \text{ (m)}$$
$$L = \frac{2L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} = \frac{2 \times 98.800 \times 264.750}{98.800 + 264.750} = 143.899 \text{ (m)}$$

### 3-2 地盤の変位振幅

応答変位法による耐震計算法では、地盤の変位振幅を次式により求める。

$$U_h(Z) = \frac{2}{2} \cdot S_v \cdot T_s \cdot \cos \frac{Z}{2H}$$

$$U_v(Z) = \frac{1}{2} U_h(Z)$$

ここに、

$U_h(Z)$  : 地表面から深さZ(m)における水平方向の変位振幅 (m)

$U_v(Z)$  : 地表面から深さZ(m)における鉛直方向の変位振幅 (m)

$S_v$  : 設計応答速度 = 0.24000 (m/s)

$T_s$  : 表層地盤の固有周期 = 0.883 (s)

$H$  : 表層地盤の厚さ = 24.700 (m)

よって、地盤の変位振幅は、次のようになる。

	深さ Z (m)	水平方向の変位振幅 $U_h(Z)$ (m)	鉛直方向の変位振幅 $U_v(Z)$ (m)
地表面	0.000	0.04292	
躯体重心位置	3.518	0.04185	0.02092
マンホールの深さ	5.400	0.04041	

#### 4 地震時断面力の算出

地震時断面力は、次式により算出する。

$$P_h = 1 \cdot 1 \cdot \frac{E_c \cdot A}{L} \cdot U_h$$

$$P_v = 1 \cdot 1 \cdot \frac{E_c \cdot A}{L} \cdot \frac{U_h + U_v}{2}$$

$$M_h = 2 \cdot 2 \cdot \frac{4 \cdot E_c \cdot I_h}{L^2} \cdot U_h$$

$$M_v = 3 \cdot 3 \cdot \frac{4 \cdot E_c \cdot I_v}{L^2} \cdot U_v$$

ここに、

- $P_h, P_v$  : 水平面内および鉛直面内の地盤振動による地震時軸力 (kN)  
 $M_h, M_v$  : 水平面内および鉛直面内の地盤振動による地震時曲げモーメント (kN・m)  
 $E_c$  : コンクリートのヤング係数 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $A$  : ボックスカルバートの断面積 (m<sup>2</sup>)  
 $I_h, I_v$  : ボックスカルバートの水平面内および鉛直面内の断面2次モーメント (m<sup>4</sup>)  
 $L$  : 地震振動の波長 (m)  
 $U_h, U_v$  : 水平方向および鉛直方向の地盤の変位振幅 (m)  
 $1, 2, 3$  : 縦断方向、水平面内および鉛直面内に生じる地震時地盤ひずみの構造物に対する伝達率で次式により求める。

$$1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{1 \cdot L'}\right)^2}$$

$$2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{2 \cdot L}\right)^4}$$

$$3 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3 \cdot L}\right)^4}$$

ここで、

$$1 = \sqrt{\frac{K_1}{E_c \cdot A}}$$

$$2 = 4 \sqrt{\frac{K_2}{E_c \cdot I_h}}$$

$$3 = 4 \sqrt{\frac{K_3}{E_c \cdot I_v}}$$

$$L' = \sqrt{2} \cdot L$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  : 可とう性継手による断面力低減係数で次式により求める。

ただし、レベル1地震動の場合は、0.1以上とする。

$$\alpha_1 = 900L^{-1.8}$$

$$\alpha_2 = 1.16L^{-3.8} \times 10^6 + 890 \alpha_1^{3.7}$$

$$\alpha_3 = 5.31L^{-3.7} \times 10^5 + 145 \alpha_1^{2.9}$$

$K_1, K_2, K_3$  : 縦断方向、水平面内および鉛直面内の地盤の剛性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

なお、地震時軸力と地震時曲げモーメントを同時に受ける場合には、地盤振動の方向、位相関係などを考慮して、地震時断面力を以下のように重ね合わせるものとする。

水平面内

$$P_h' = 1/\sqrt{2} \cdot P$$

$$M_h' = 1/\sqrt{2} \cdot M_h$$

鉛直面内

$$P_v' = 1/\sqrt{2} \cdot P$$

$$M_v' = 1/\sqrt{2} \cdot M_v$$

ここに、

$$P = \sqrt{2 \cdot P_h'^2 + 2 \cdot P_v'^2}$$

## 4-1 地震時軸力の計算

$$L' = \sqrt{2} \cdot L = \sqrt{2} \times 143.899$$

$$= 203.504 \text{ (m)}$$

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{K_1}{E_c \cdot A}} = \sqrt{\frac{21038.18}{2.500 \times 10^7 \times 6.600000}}$$

$$= 1.129 \times 10^{-2}$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{\gamma_1 L'}\right)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{1.129 \times 10^{-2} \times 203.504}\right)^2}$$

$$= 0.1180$$

$$\gamma_1 = 900L^{-1.8} = 900 \times 143.899^{-1.8}$$

$$= 0.1174$$

$$P_h = \gamma_1 \cdot \gamma_1 \cdot \frac{E_c \cdot A}{L} \cdot U_h$$

$$= 0.1180 \times 0.1174 \times \frac{\times 2.500 \times 10^7 \times 6.600000}{143.899} \times 0.04185$$

$$= 2088.33 \text{ (kN)}$$

$$P_v = \gamma_1 \cdot \gamma_1 \cdot \frac{E_c \cdot A}{L} \cdot \frac{U_h + U_v}{2}$$

$$= 0.1180 \times 0.1174 \times \frac{\times 2.500 \times 10^7 \times 6.600000}{143.899} \times \frac{0.04185 + 0.02092}{2}$$

$$= 1566.25 \text{ (kN)}$$

$$P = \sqrt{2P_h^2 + 2P_v^2}$$

$$= \sqrt{2 \times 2088.33^2 + 2 \times 1566.25^2}$$

$$= 3691.69 \text{ (kN)}$$

$$P' = 1/\sqrt{2} \cdot P$$

$$= 1/\sqrt{2} \times 3691.69$$

$$= 2610.42 \text{ (kN)}$$

## 4-2 地震時曲げモーメントの計算

$$2 = \sqrt[4]{\frac{K_2}{E_c I_h}} = \sqrt[4]{\frac{21038.18}{2.500 \times 10^7 \times 14.0500}}$$

$$= 0.0880$$

$$3 = \sqrt[4]{\frac{K_3}{E_c I_v}} = \sqrt[4]{\frac{63114.55}{2.500 \times 10^7 \times 12.9698}}$$

$$= 0.1181$$

$$2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{2^2 L}\right)^4} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{0.0880 \times 143.899}\right)^4}$$

$$= 0.9428$$

$$3 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3^2 L}\right)^4} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{0.1181 \times 143.899}\right)^4}$$

$$= 0.9817$$

$$2 = 1.16L^{-3.8} \times 10^6 + 890 \quad 2^{3.7}$$

$$= 0.1178$$

$$3 = 5.31L^{-3.7} \times 10^5 + 145 \quad 3^{2.9}$$

$$= 0.3014$$

$$M_h = 2^2 \cdot \frac{4}{2} \cdot \frac{E_c I_h}{L^2} \cdot U_h$$

$$= 0.9428 \times 0.1178 \times \frac{4^2 \times 2.500 \times 10^7 \times 14.0500}{143.899^2} \times 0.04185$$

$$= 3113.5215 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_v = 3^3 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{E_c I_v}{L^2} \cdot U_v$$

$$= 0.9817 \times 0.3014 \times \frac{4^2 \times 2.500 \times 10^7 \times 12.9698}{143.899^2} \times 0.02092$$

$$= 3826.6838 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_h' = 1/\sqrt{2} \cdot M_h$$

$$= 1/\sqrt{2} \times 3113.5215$$

$$= 2201.5921 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$M_v' = 1/\sqrt{2} \cdot M_v$$

$$= 1/\sqrt{2} \times 3826.6838$$

$$= 2705.8740 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

## 5 断面照査

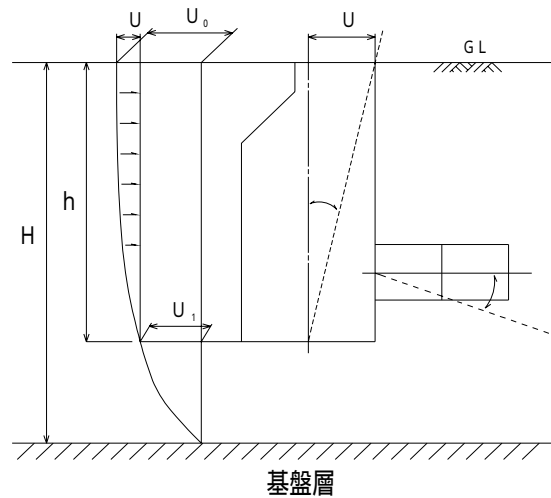
ボックスカルバートの断面照査は、断面をT型断面とみなして行う。

項目	記号	単位	水平面内		鉛直面内	
曲げモーメント	$M_d$	kN・m	2201.5921	2201.5921	2705.8740	2705.8740
軸力	$N_d$	kN	2610.42	2610.42	2610.42	2610.42
突縁幅	B	mm	3900	3900	4000	4000
部材高	H	mm	4000	4000	3900	3900
部材幅	$b_w$	mm	900	900	1000	1000
突縁厚	t	mm	500	500	400	500
主鉄筋 鉄筋量	引張側 $A_s$	mm <sup>2</sup>	3547.60	3547.60	3547.60	3547.60
	圧縮側 $A_s'$	mm <sup>2</sup>				
弾性係数比	n		15	15	15	15
中立軸	X	mm	3156.4187	3156.4187	2503.5020	2301.1406
コンクリート材料強度	$f'_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	24.0	24.0	24.0	24.0
鉄筋材料強度	$f_{yk}$	N/mm <sup>2</sup>	345.0	345.0	345.0	345.0
コンクリート圧縮応力度	c	N/mm <sup>2</sup>	0.94	0.94	1.12	1.06
コンクリート許容圧縮応力度	$c_a$	N/mm <sup>2</sup>	12.00	12.00	12.00	12.00
$c / c_a$			0.08	0.08	0.09	0.09
判定( $c / c_a$ 1.00)						
鉄筋引張応力度	s	N/mm <sup>2</sup>	3.30	3.30	8.63	10.39
鉄筋許容引張応力度	$s_a$	N/mm <sup>2</sup>	300.00	300.00	300.00	300.00
$s / s_a$			0.01	0.01	0.03	0.03
判定( $s / s_a$ 1.00)						

## 6 マンホールと矩形きよの接続部

## 6-1 地震動の影響(屈曲角)

継手の屈曲角は、マンホールと矩形きよの回転角と同値とみなし、図に示すように次式より求める。



マンホールと矩形きよ接続部の荷重図

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

ここに、

： 継手の屈曲角 (rad)

h : マンホールの深さ (m)

U : 地表面とマンホールの深さにおける水平方向変位振幅の差 (m)

$$U = U_0 - U_1$$

よって、

$$U = U_0 - U_1 = 0.04292 - 0.04041$$

$$= 0.00251 \text{ (m)}$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{U}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.00251}{5.400}\right)$$

$$= 0.00046 \text{ (rad)} \quad a = 0.00769 \text{ (rad)} \quad \dots\dots\dots <OK>$$

## 6-2 地震動の影響(拔出し量)

地震動による拔出し量に対する検討は、次式を用いて行う。

$$u = u_0 \cdot C_A \quad u_a$$

ここに、

$u$  : 軸方向変位 (m)

$u_0$  : 無限連続はりとして算出される軸方向変位(m)で次式により求める。

$$u_0 = \gamma \cdot U_a$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + \left(\frac{\gamma}{\gamma}\right)^2}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{K_1}{E_c \cdot A}} \cdot L_s$$

$$\gamma = \frac{2 \cdot L_s}{L'}$$

$C_A$  : 継手変位係数で次式により求める。

$$C_A = \frac{2 \cdot \gamma \cdot |\cosh \gamma - \cos \gamma|}{\gamma \cdot \sinh \gamma}$$

$u_a$  : 可とう性継手の性能から決まる許容伸縮変位量 (mm)

$U_a$  : ボックスカルバートに生じる軸方向変位(m)で次式により求める。

$$U_a = 1/\sqrt{2} \cdot U_h$$

$U_h$  : 水平方向の地盤の変位振幅 (m)

$K_1$  : 地盤の剛性係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$A$  : 断面積 (m<sup>2</sup>)

$L_s$  : 継手間隔 (m)

$L'$  : 地震動の換算波長 (m)

よって、

$$\alpha_1 = \frac{2 \cdot L_s}{L'} = \frac{2 \times 25.000}{203.504} = 0.7719$$

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_1}{E_c \cdot A}} \cdot L_s = \sqrt{\frac{21038.18}{2.500 \times 10^7 \times 6.600000}} \times 25.000 = 0.2823$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_1}\right)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{0.7719}{0.2823}\right)^2} = 0.1180$$

$$U_a = 1/\sqrt{2} \cdot U_h = 1/\sqrt{2} \times 0.04185 = 0.02959 \text{ (m)}$$

$$C_A = \frac{2 \cdot \alpha_1 \cdot |\cosh \alpha_1 - \cos \alpha_1|}{\alpha_1 \sinh \alpha_1}$$

$$= \frac{2 \times 0.7719 \times |\cosh(0.2823) - \cos(0.7719)|}{0.2823 \times \sinh(0.2823)}$$

$$= 6.184$$

$$U_0 = \alpha_1 \cdot U_a$$

$$= 0.1180 \times 0.0296 = 0.0035 \text{ (m)}$$

$$u = u_0 \cdot C_A$$

$$= 0.0035 \times 6.184 = 0.0216 \text{ (m)}$$

$$u = 21.6 \text{ (mm)} \quad u_a = 30.0 \text{ (mm)} \quad \dots \dots \dots < \text{OK} >$$

## 7 矩形きよと矩形きよの継手部

### 7-1 地震動の影響( 抜出し量)

マンホールと矩形きよの接続部、地震動の影響 ( 抜出し量) の項参照。

## 8 計算結果一覧表

項目			単位	計算結果		許容値		判定
断面照査	水平方向	コンクリートの圧縮応力度	N/mm <sup>2</sup>	c	0.94	ca	12.00	
		鉄筋の引張応力度	N/mm <sup>2</sup>	s	3.30	sa	300.00	
	鉛直方向	コンクリートの圧縮応力度	N/mm <sup>2</sup>	c	1.12	ca	12.00	
		鉄筋の引張応力度	N/mm <sup>2</sup>	s	10.39	sa	300.00	
マンホールと矩形きよ の接続部		屈曲角	rad		0.00046	a	0.00769	
		拔出し量	mm	u	21.6	ua	30.0	
矩形きよと矩形きよの継手部の拔出し量			mm	u	21.6	ua	30.0	