

## 演習1: 函渠の設計演習【回答】

### 1. 設計条件

#### 1) 諸元

形式 : 場所打ち形式による一連カルバート  
全長 : 30m (15m+15m)  
内空寸法 :  $B \times H = 3.0\text{m} \times 3.0\text{m}$  (水路)  
土かぶり :  $h = 4.2\text{m}$

#### 2) 単位体積重量

カルバート上部の土砂 :  $\gamma_s = 18\text{kN/m}^3$   
鉄筋コンクリート :  $\gamma_c = 24.5\text{kN/m}^3$

#### 3) 材料強度および許容応力度

コンクリート :  $\sigma_{ck} = 24\text{N/mm}^2$   
 $\sigma_{ca} = 8\text{N/mm}^2$   
 $\tau_{a1} = 0.39\text{N/mm}^2$

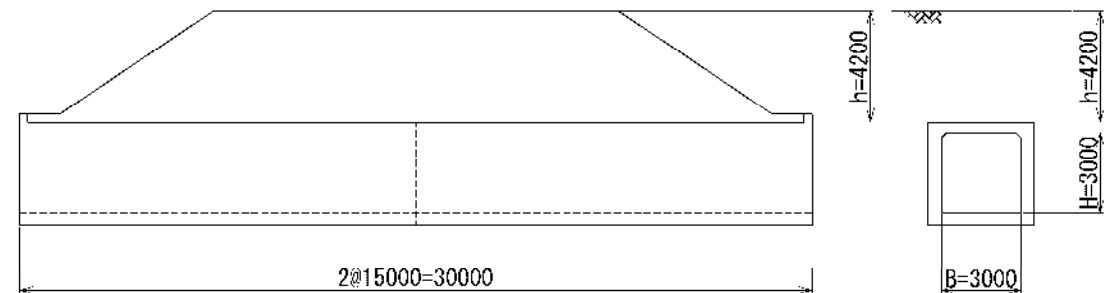
鉄筋 : SD345

$\sigma_{sa} = 160\text{N/mm}^2$  (乾湿の繰り返しが多い場合)

#### 4) 基礎地盤の諸量

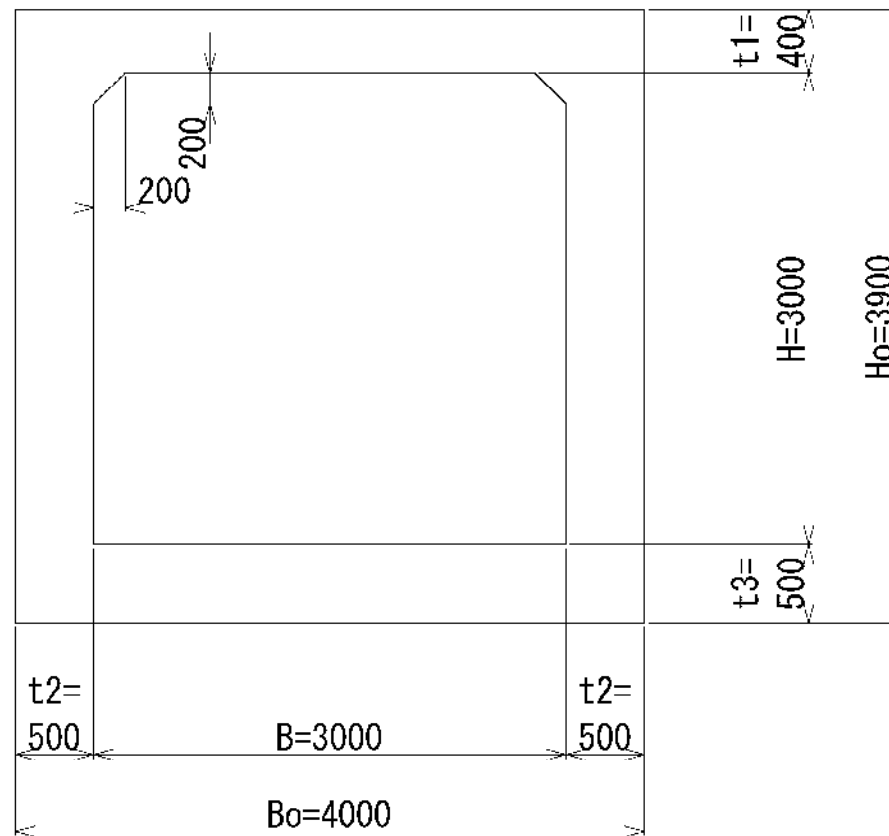
支持地盤は砂質地盤

許容支持力度  $q_a = 300\text{kN/m}^2$



## 2. 断面寸法の仮定

断面形状および各部材の寸法を下図のように仮定する。



### ★ポイント

- 各部材は等厚の矩形断面（形状の単純化）
- 下側ハンチは設けない（型枠の製作・設置・撤去の省力化）

### 3. 設計荷重

カルバート面内（横方向）の設計において、以下の荷重を算出する。

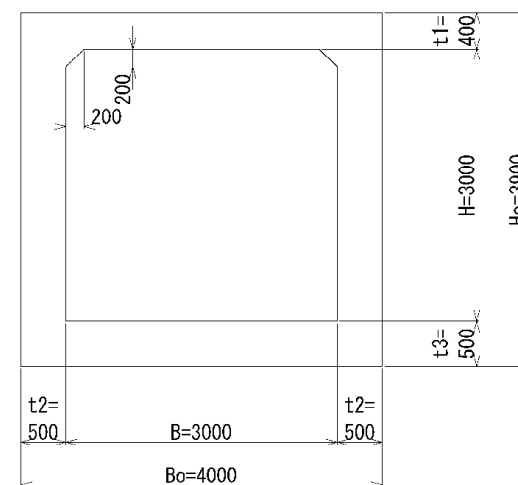
#### ①カルバート自重

カルバートの自重として、頂版および側壁を考慮する。  
 （上側ハンチ自重は影響が小さいことから今回は無視）

$$\text{頂版: } Wd1 = t1 \times \gamma_c = 0.400 \times 24.5 = 9.80 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{側壁: } Wd2 = t2 \times \gamma_c = 0.500 \times 24.5 = 12.25 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{底版: } Wd3 = t3 \times \gamma_c = 0.500 \times 24.5 = 12.25 \quad \text{kN/m}^2$$



—カルバート部材厚—

#### ②活荷重

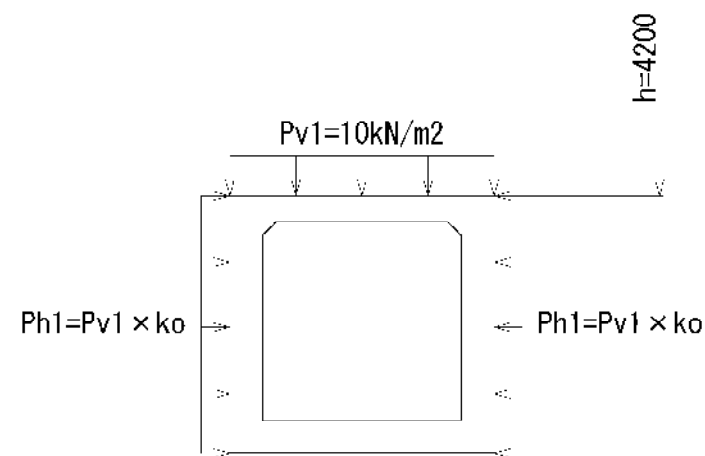
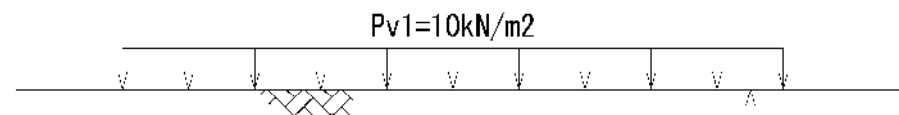
路面上に活荷重（T-25）を考慮する。

土被りが4m以上の場合は、鉛直荷重（Pv1）として  
 10kN/m<sup>2</sup> 等分布荷重

カルバート側壁には、上記鉛直荷重に静止土圧係数  
 （ko=0.5）を乗じた水平荷重（Ph1）を作用させる。

$$Pv1 = 10 \quad \text{kN/m}^2$$

$$Ph1 = Pv1 \times ko = 5.0 \quad \text{kN/m}^2$$

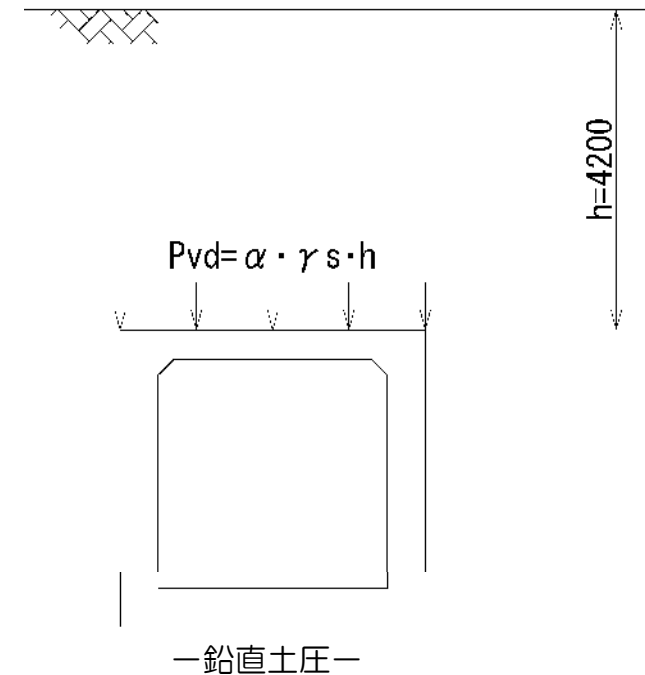


—活荷重—

### ③カルバート頂部の鉛直土圧

カルバート頂版上面に作用する鉛直土圧（Pvd）を算出する。  
 式中の $\alpha$ はカルバート規模、土かぶり、基礎の支持条件によって決まる  
 鉛直土圧係数であり、本設計例の条件の場合は $\alpha=1.0$ となる。

$$Pvd = \alpha \times \gamma_s \times h = 1.0 \times 18 \times 4.200 = 75.60 \text{ kN/m}^2$$

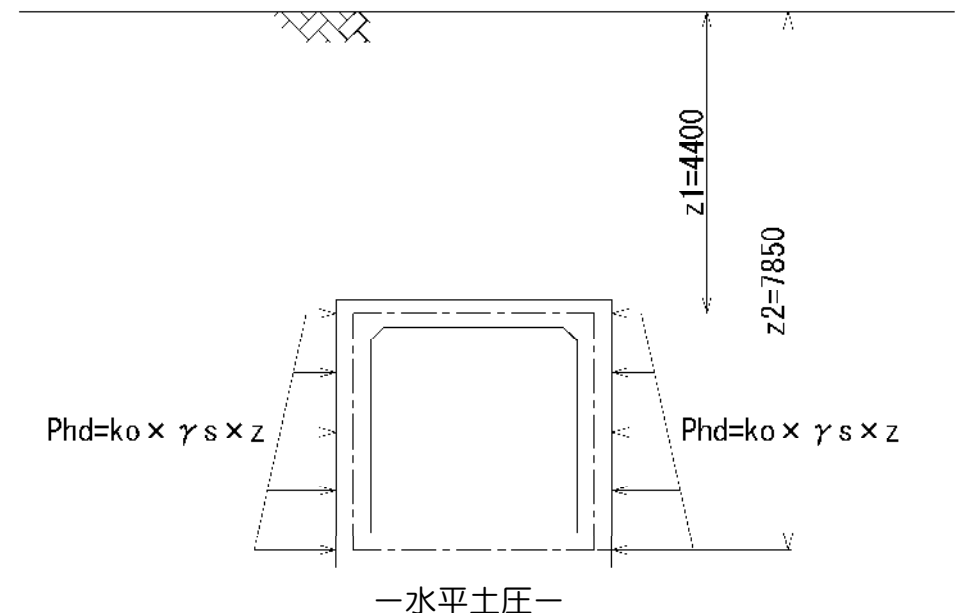


### ④カルバート側面の水平土圧

側壁に作用する頂版および底版の各軸線位置における  
 水平土圧力（Phd1、Phd2）を算出する。

$$\begin{aligned} Phd1 &= k_o \times \gamma_s \times z1 \\ &= 0.5 \times 18 \times 4.400 = 39.60 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Phd2 &= k_o \times \gamma_s \times z2 \\ &= 0.5 \times 18 \times 7.850 = 70.65 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



#### ⑤カルバート底面の地盤反力

カルバート底面に生じる地盤反力を次式により計算する。

$$Pv2 = \frac{Pvd \times Bo + Q + Do}{Bo} = Pvd + \frac{Q + Do}{Bo}$$

$$= 113.78 \text{ kN/m}^2$$

ここに、

$Pvd$ ：カルバート上面に作用する鉛直土圧

$$Pvd = 75.60 \text{ kN/m}^2$$

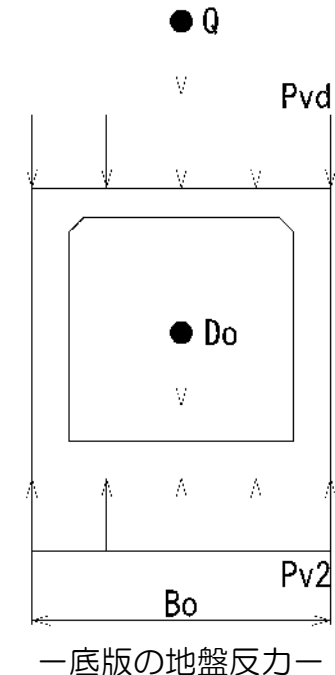
$Q$ ：カルバート上面に作用する単位長さ当たりの活荷重

$$Q = Pv1 \times Bo = 10.00 \times 4.000 = 40.00 \text{ kN/m}$$

$Do$ ：底版を除いたカルバートの単位長さ当たりの重量

$$Do = Wd1 \times Bo + 2 \times Wd2 \times H$$

$$= 9.80 \times 4.000 + 2 \times 12.25 \times 3.00 = 112.70 \text{ kN/m}$$



#### 4. 安定計算

カルバート全体安定については、それに作用する荷重が作用対照であることから、支持地盤のみの検討を行う。

カルバート底面に生じる地盤反力度（ $Q$ ）は、前述したカルバート面内の設計に用いる値（ $Pv2$ ）に、底版自重（ $Wd3$ ）およびカルバートの内部荷重（ $E$ ）を加える。内部荷重には水（単位体積重量  $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$ ）が満水の状態を考慮した。

$$Q = Pv2 + Wd3 + \gamma_w \times H = 113.78 + 12.25 + 9.8 \times 3.000 = 155.4 \text{ kN/m}^2 < Qa = 300 \text{ kN/m}^2 \dots \text{OK!}$$

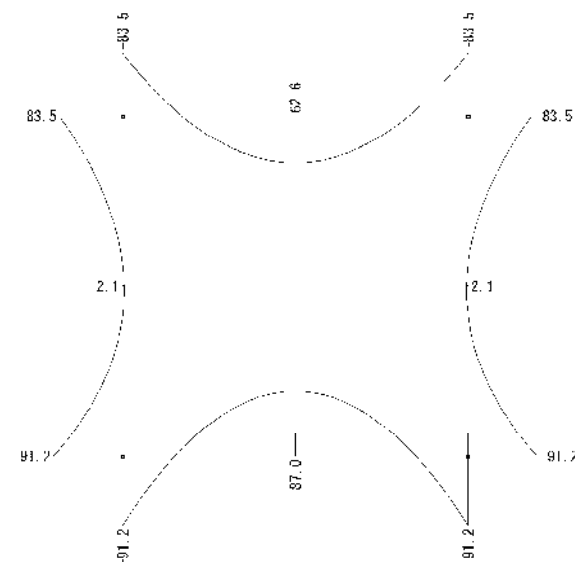
## 5. 部材断面の設計

### 1) 設計断面力の計算

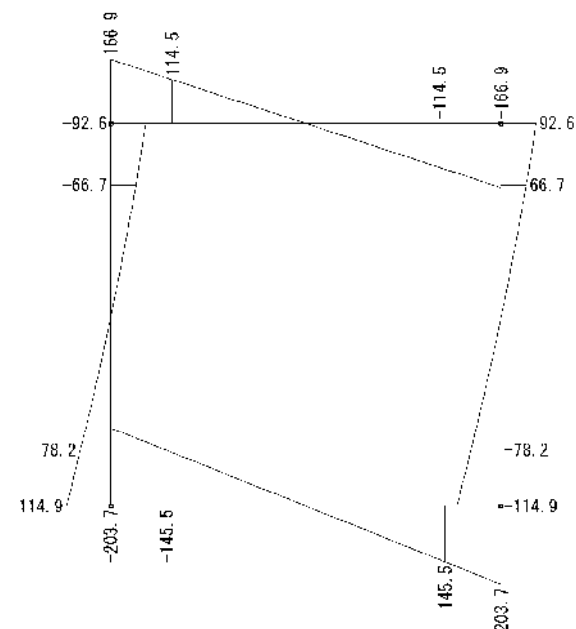
ボックスカルバートは箱形ラーメンとして解析し、その解析は一般にコンピュータを用いた平面骨組解析にて行われている。

骨組解析による計算結果より、本設計計算例では抽出した設計断面力のみを下表に示す。

部材	照査位置	M (kN・m)	N (kN)	S (kN)
側壁	下端部	-91.2	203.7	114.9
	中間部	2.1	185.6	
	上端部	-83.5	166.9	-92.6
頂版	左端部	-83.5	92.6	166.9
	中間部	62.6	92.6	
	右端部	-83.5	92.6	-166.9
底版	右端部	-91.2	114.9	203.7
	中間部	87.0	114.9	
	左端部	-91.2	114.9	-203.7



—曲げモーメント図—



—せん断力図—

## 2) 必要鉄筋量の算出

必要鉄筋量は、心外に軸方向受ける短鉄筋矩形ばりとして算出する。なお、必要鉄筋量 ( $A_s$ ) は、圧縮側のコンクリートがコンクリートの許容圧縮応力度 ( $\sigma_{ca}$ ) に達するときと、引張側の主鉄筋が鉄筋の許容引張応力度 ( $\sigma_{sa}$ ) に達するときの大きいほうである。

## 3) 主鉄筋径と配筋間隔

基本となる配筋間隔は125mmまたは250mm、鉄筋本数にしてカルバート延長方向1m当たり8本または4本である。

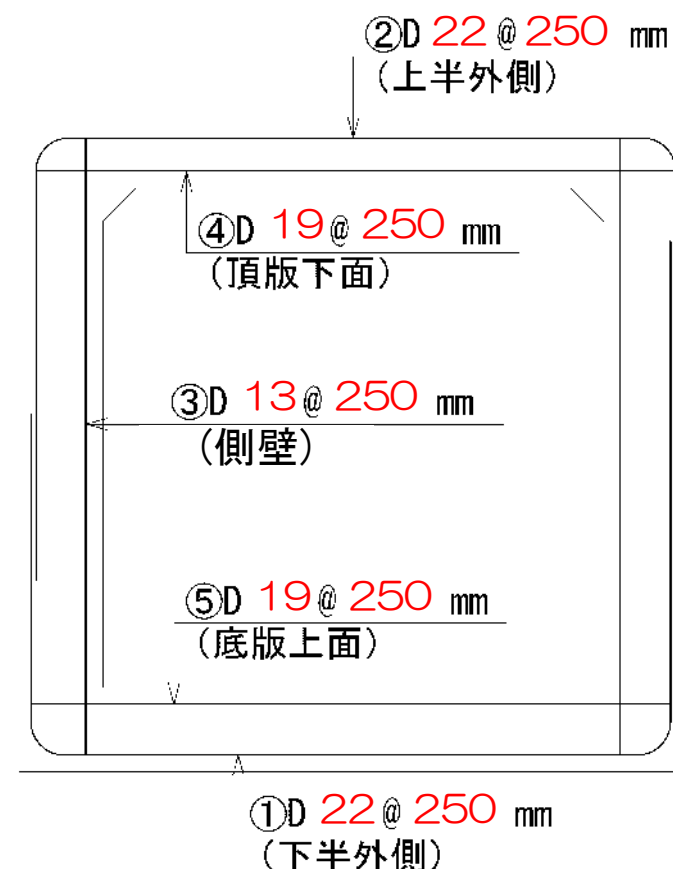
径 \ 配筋間隔	D13	D16	D19	D22	D25	D29	D32
125mm				○	○	○	○
250mm	○	○	○	○	○	○	○

鉄筋本数の低減を目的とし、応力度や鉄筋の定着などに支障のない限り配筋間隔を250mmとすることが望ましい。  
 注) 鉄筋径の下段に示す数値は鉄筋の断面積 ( $\text{mm}^2/\text{本}$ ) を示す。

## 4) 配筋結果

部材	照査位置	必要鉄筋量	鉄筋径	配筋量	配筋位置
側壁	下端部	833 $\text{mm}^2$	D22	1548.4	①下半外側
	中間部	0 $\text{mm}^2$	D13	506.8	③内側
	上端部	854 $\text{mm}^2$	D25	2026.8	②上半外側
頂版	左端部	1630 $\text{mm}^2$	D25	2026.8	②上半外側
	中間部	1099 $\text{mm}^2$	D19	1146.0	④下面
	右端部	1630 $\text{mm}^2$	D25	2026.8	②上半外側
底版	右端部	1176 $\text{mm}^2$	D22	1548.4	①下半外側
	中間部	1084 $\text{mm}^2$	D19	1146.0	⑤上面
	左端部	1176 $\text{mm}^2$	D22	1548.4	①下半外側

※1m当たり4本を基本とする



—配筋結果—