

演習1: 函渠の設計演習

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

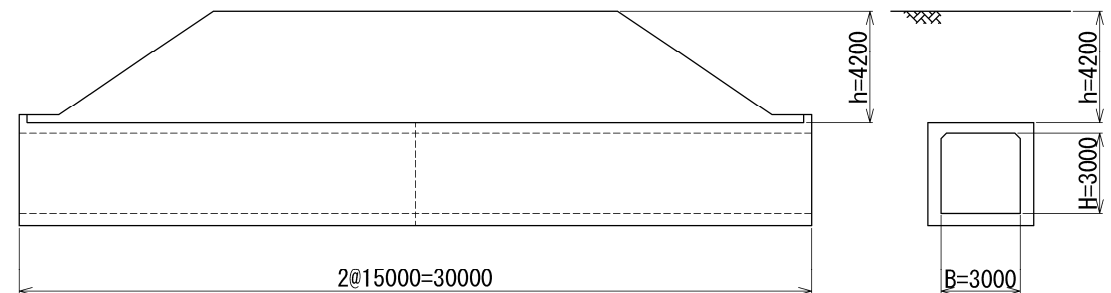
鉄筋 : SD345

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

4) 基礎地盤の諸量

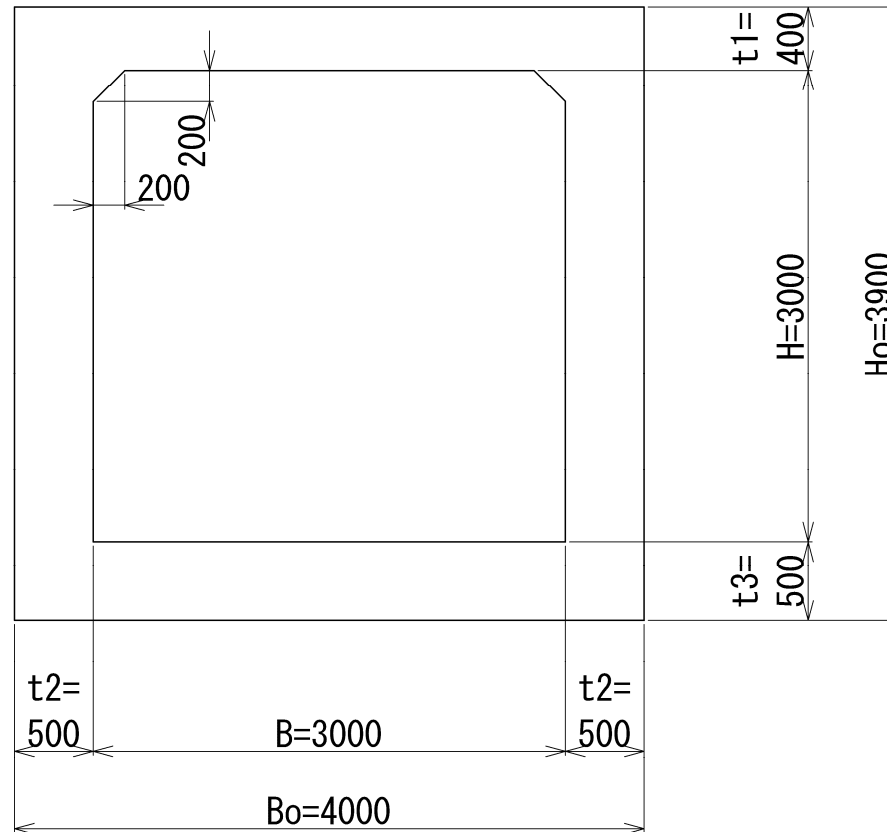
支持地盤は砂質地盤

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）

$$\text{頂版：} Wd1 = t1 \times \gamma_c =$$

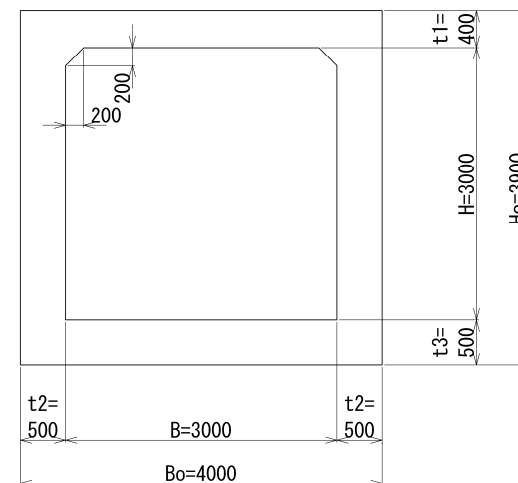
$$\text{側壁：} Wd2 = t2 \times \gamma_c =$$

$$\text{底版：} Wd3 = t3 \times \gamma_c =$$

kN/m²

kN/m²

kN/m²



—カルバート部材厚—

②活荷重

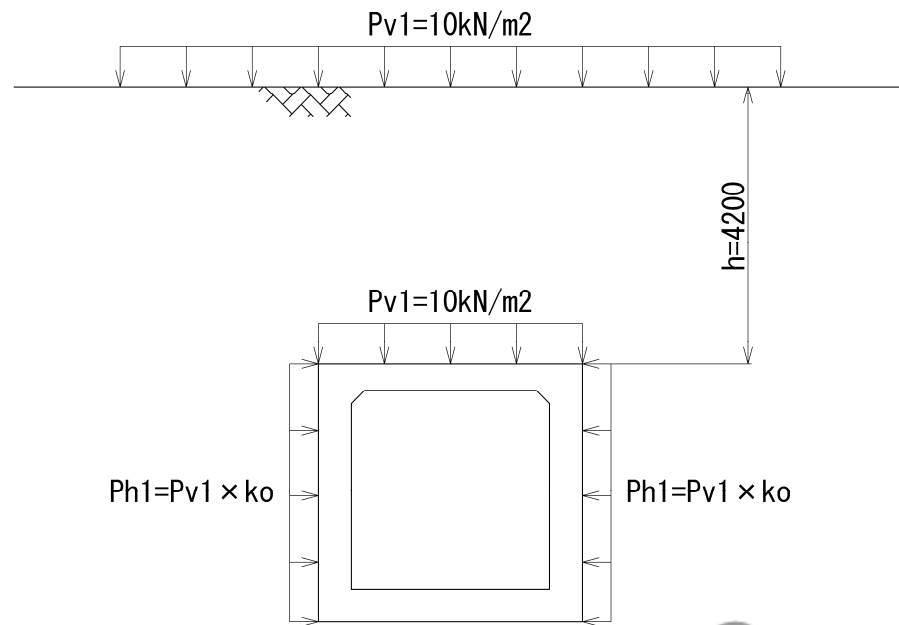
路面上に活荷重（T-25）を考慮する。

土被りが4m以上の場合は、鉛直荷重（Pv1）として
10kN/m² 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。

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

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

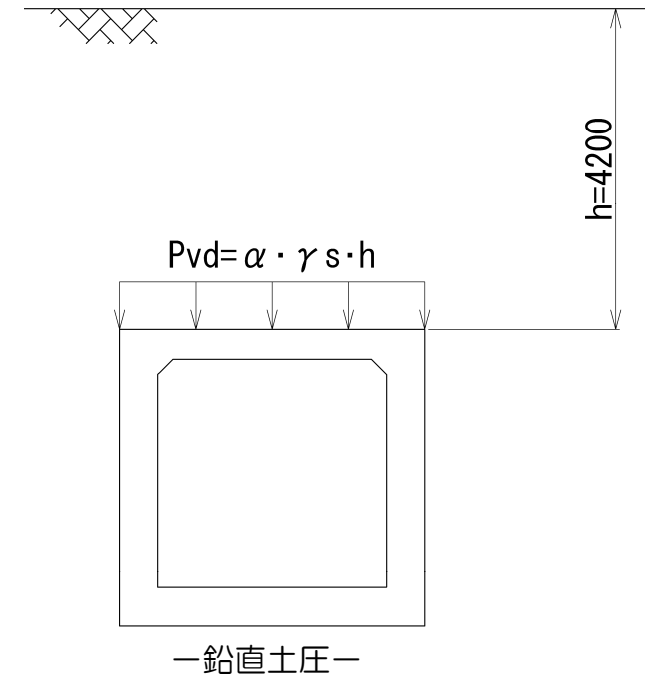


—活荷重—

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 α 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。

$$Pvd = \alpha \times \gamma_s \times h = \quad \text{kN/m}^2$$

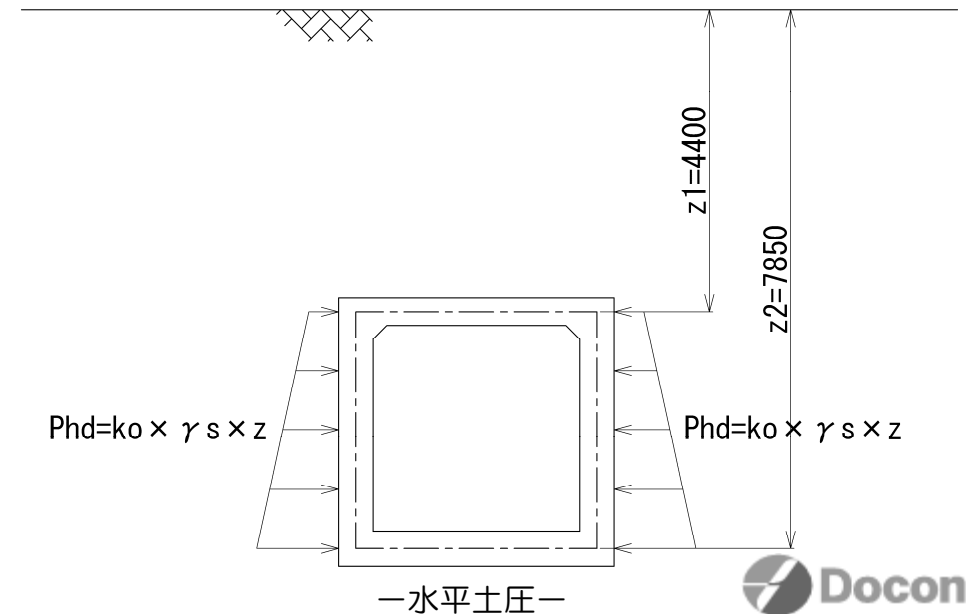


④カルバート側面の水平土圧

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。

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

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



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。

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

ここに、

Pvd ：カルバート上面に作用する鉛直土圧

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

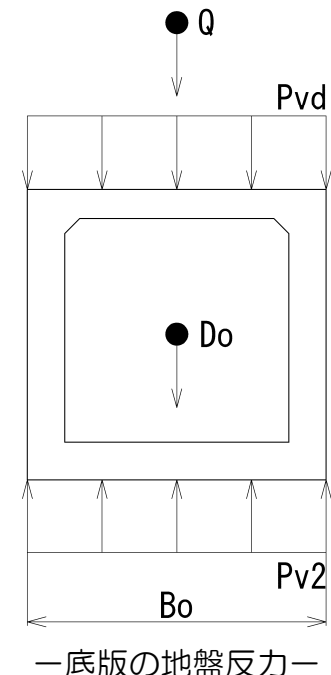
Q ：カルバート上面に作用する単位長さ当たりの活荷重

$$Q = Pv1 \times Bo = \quad \text{kN/m}$$

Do ：底版を除いたカルバートの単位長さ当たりの重量

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

$$= \quad \text{kN/m}$$



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。

$$Q = Pv2 + Wd3 + \gamma_w \times H =$$

$$\text{kN/m}^2 < Qa = 300 \text{ kN/m}^2 \dots \text{OK!}$$

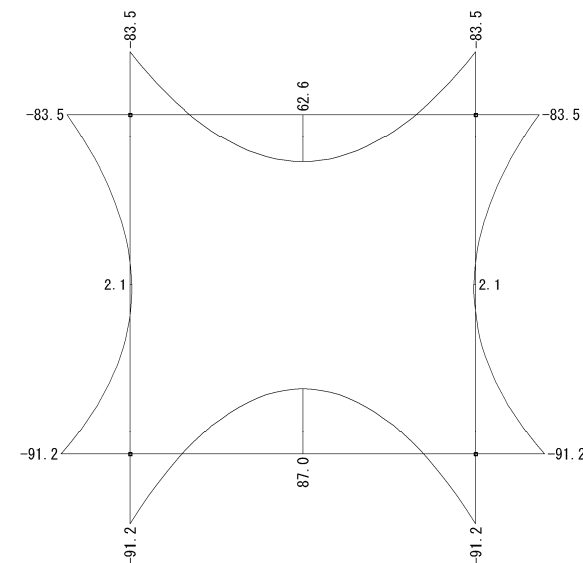
5. 部材断面の設計

1) 設計断面力の計算

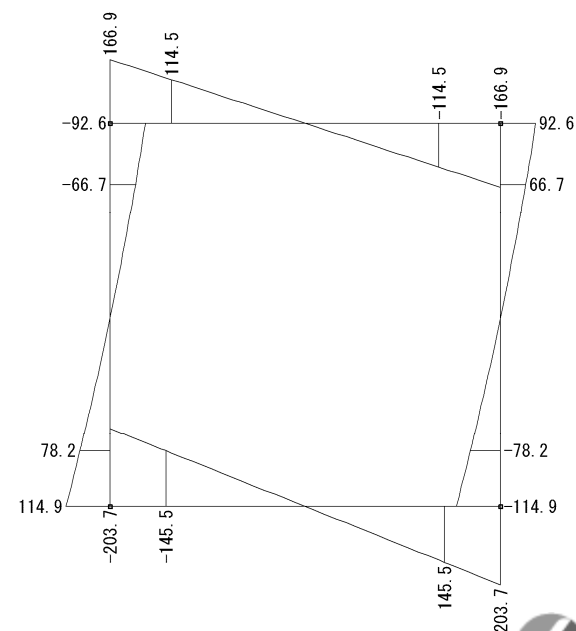
ボックスカルバートは箱形ラーメンとして解析し、その解析は一般にコンピュータを用いた平面骨組解析にて行われている。

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



一曲げモーメント図



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 (σ_{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 (σ_{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	○	○	○	○	○	○	○

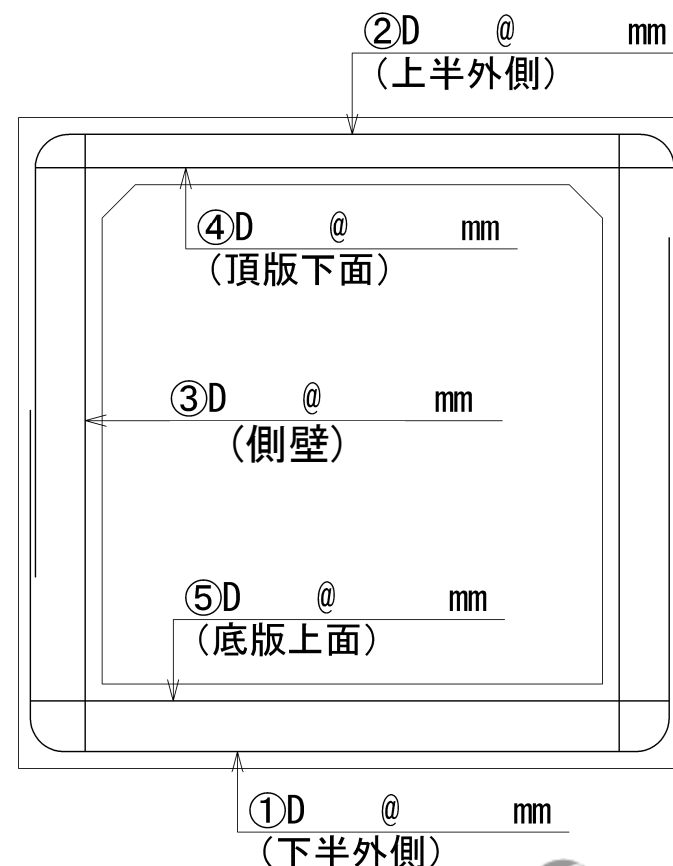
鉄筋本数の低減を目的とし、応力度や鉄筋の定着などに支障のない限り配筋間隔を250mmとすることが望ましい。

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 mm^2			①下半外側
	中間部	0 mm^2			③内側
	上端部	854 mm^2			②上半外側
頂版	左端部	1630 mm^2			②上半外側
	中間部	1099 mm^2			④下面
	右端部	1630 mm^2			②上半外側
底版	右端部	1176 mm^2			①下半外側
	中間部	1084 mm^2			⑤上面
	左端部	1176 mm^2			①下半外側

※1m当たり4本を基本とする



—配筋結果—

