

# 擁壁の設計 サンプルデータ

詳細出力例

MANUCHO13

危険水位を考慮した「もたれ式擁壁」  
の設計計算例

# 目次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 1章 設計条件                               | 1  |
| 1.1 一般事項                              | 1  |
| 1.2 適用基準                              | 1  |
| 1.3 形式                                | 1  |
| 1.4 形状寸法                              | 1  |
| 1.5 使用材料                              | 1  |
| 1.6 土砂                                | 2  |
| 1.7 載荷荷重                              | 2  |
| 1.8 その他荷重                             | 2  |
| 1.9 水位                                | 3  |
| 1.10 浮力                               | 3  |
| 1.11 土圧                               | 3  |
| 1.12 水圧                               | 4  |
| 1.13 基礎の条件                            | 4  |
| 1.13.1 許容せん断抵抗算出用データ                  | 4  |
| 1.14 安定計算の許容値及び部材の許容応力度               | 4  |
| 1.14.1 安定計算の許容値                       | 4  |
| 1.14.2 部材の許容応力度                       | 5  |
| 2章 安定計算                               | 6  |
| 2.1 水位を考慮しないブロックデータ                   | 6  |
| 2.2 水位を考慮するブロックデータ                    | 6  |
| 2.3 躯体自重，土砂重量，その他荷重，浮力（揚圧力）による鉛直力、水平力 | 7  |
| 2.4 土圧・水圧                             | 8  |
| 2.5 作用力の集計                            | 10 |
| 2.6 安定計算結果                            | 12 |
| 2.6.1 転倒に対する安定                        | 12 |
| 2.6.2 滑動に対する安定                        | 12 |
| 2.6.3 支持に対する照査                        | 12 |
| 3章 豎壁の設計                              | 14 |
| 3.1 豎壁基部の設計                           | 14 |
| 3.1.1 水位を考慮しないブロックデータ                 | 14 |
| 3.1.2 躯体自重，その他荷重                      | 14 |
| 3.1.3 土圧・水圧                           | 14 |
| 3.1.4 断面力の集計                          | 16 |
| 3.1.5 断面計算（許容応力度法）                    | 17 |
| 4章 つま先版の設計                            | 18 |
| 4.1 照査位置[1]の設計                        | 18 |
| 4.1.1 水位を考慮しないブロックデータ                 | 18 |
| 4.1.2 水位を考慮するブロックデータ                  | 19 |
| 4.1.3 躯体自重，土砂重量，その他荷重，浮力（揚圧力）による鉛直力   | 19 |
| 4.1.4 地盤反力                            | 21 |
| 4.1.5 断面力の集計                          | 21 |
| 4.1.6 断面計算（許容応力度法）                    | 22 |
| 4.2 照査位置[2]の設計                        | 22 |
| 4.2.1 水位を考慮しないブロックデータ                 | 23 |
| 4.2.2 水位を考慮するブロックデータ                  | 23 |
| 4.2.3 躯体自重，土砂重量，その他荷重，浮力（揚圧力）による鉛直力   | 24 |
| 4.2.4 地盤反力                            | 25 |
| 4.2.5 断面力の集計                          | 26 |



# 1章 設計条件

## 1.1 一般事項

データ名：MANUCHO13.f8r (コメント：危険水位サンプル)

タイトル：もたれ式擁壁

コメント：危険水位の算出

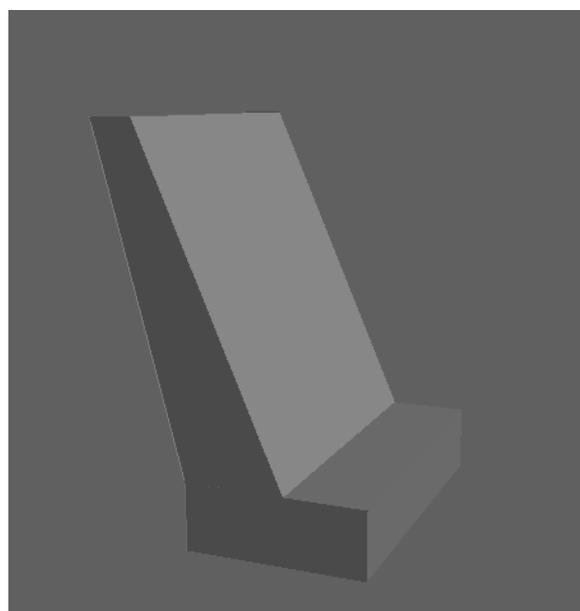
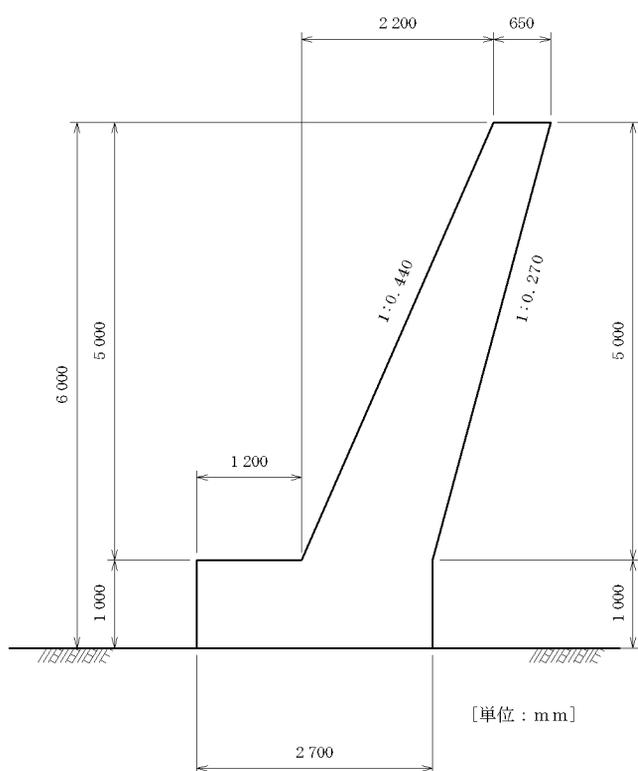
## 1.2 適用基準

(社)日本道路協会、道路土工 擁壁工指針 平成11年3月

## 1.3 形式

『もたれ式 - A (直接基礎)』

## 1.4 形状寸法



奥行方向幅 (ブロック長) B = 5000(mm)

## 1.5 使用材料

【コンクリート】 縦壁 (無筋コンクリート) :  $ck = 24$  (N/mm<sup>2</sup>)  
底版 (無筋コンクリート) :  $ck = 24$  (N/mm<sup>2</sup>)

【内部摩擦角】 背面土砂 : 35.00 (度)

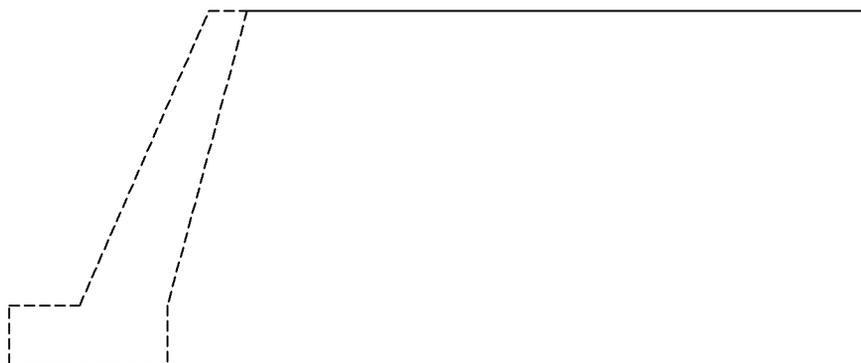
【単位体積重量】

(kN/m<sup>3</sup>)

|    |          |        |        |
|----|----------|--------|--------|
| 躯体 | 無筋コンクリート | 23.500 |        |
| 水  | 浮力算出用    | 9.800  |        |
|    | 土砂       | 湿潤重量   | 飽和重量   |
|    | 背面       | 20.000 | 21.000 |
|    | 前面       | 20.000 | 21.000 |

1.6 土砂

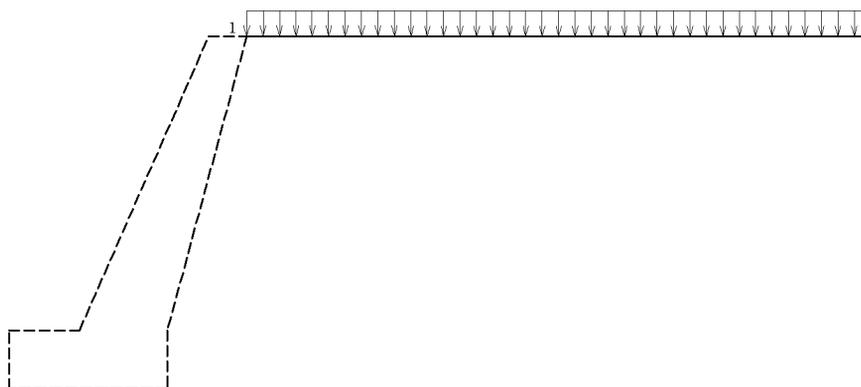
(1)背面土砂形状



|                 |     |       |
|-----------------|-----|-------|
| 擁壁天端と地表面始点のレベル差 | (m) | 0.000 |
| 土圧を考慮しない高さHr    | (m) | 0.000 |

1.7 載荷荷重

[1]常時



| 番号 | 載荷位置 (m) | 載荷幅 (m) | 荷重強度 (kN/m <sup>2</sup> ) |        | 有効な検討 |    |    |
|----|----------|---------|---------------------------|--------|-------|----|----|
|    |          |         | 始端側                       | 終端側    | 安定    | 豎壁 | 底板 |
| 1  | 0.000    |         | 10.000                    | 10.000 |       |    | ×  |

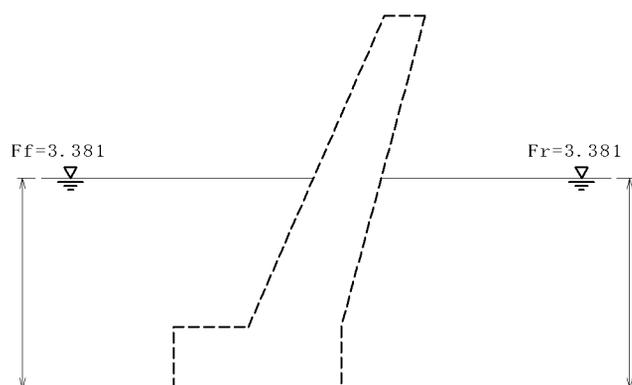
1.8 その他荷重

考慮しない

## 1.9 水位

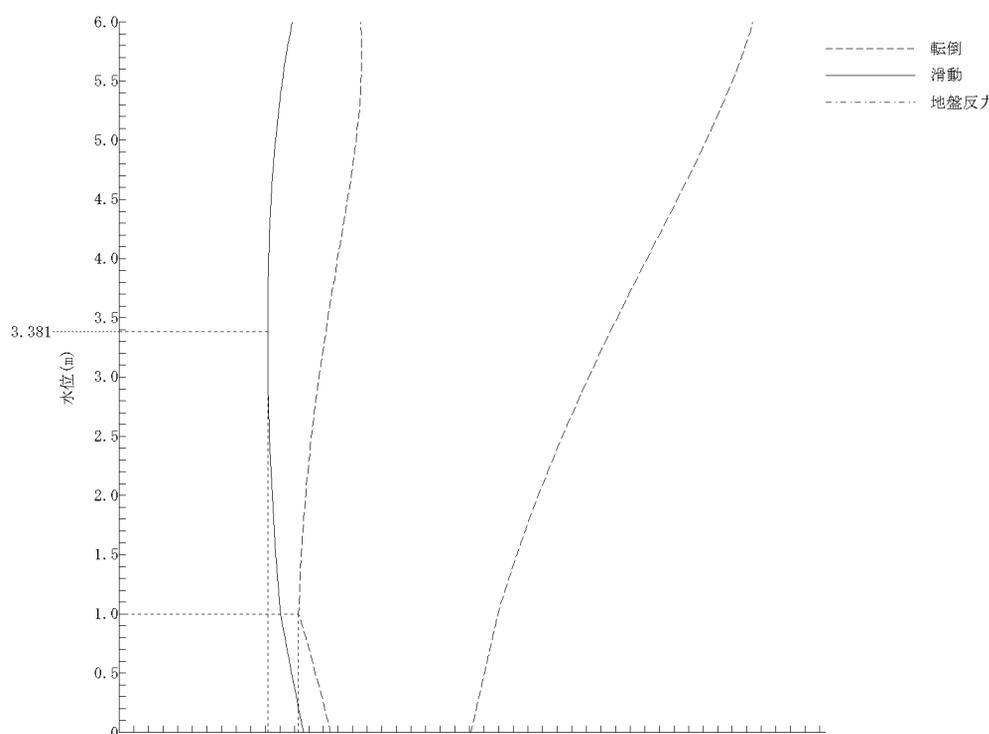
[1]常時

危険水位 : 前面水位 $F_f = 3.381$  m, 背面水位 $F_r = 3.381$  m



危険水位の算出

常時 (危険水位)



## 1.10 浮力

・揚圧力として浮力相当分を考慮する

## 1.11 土圧

・土圧の作用面の壁面摩擦角(度)

| 荷 重 状 態 | 主働土圧   |        |    | 受働土圧 |
|---------|--------|--------|----|------|
|         | 安定計算時  | 断面計算時  | 切土 |      |
| 常 時     | 23.333 | 23.333 | —  | —    |

- ・安定計算時の土圧の仮想背面は、豎壁背面
- ・安定計算時の土圧作用面が鉛直面となす角度 -15.110 (度)
- ・豎壁設計時の土圧作用面が鉛直面となす角度 -15.110 (度)
- ・粘着力(kN/m<sup>2</sup>)

| 荷 重 状 態 | すべり面用 | 粘着高さ用 |
|---------|-------|-------|
| 常 時     | 0.000 | 0.000 |

- ・水位以下の土圧算出時の地震時慣性力は設計水平震度を適用

## 1.12 水圧

- ・静水圧の取扱い

| 荷 重 状 態 | 背 面 | 前 面 |
|---------|-----|-----|
| 常 時     | 考 慮 | 考 慮 |

## 1.13 基礎の条件

### 1.13.1 許容せん断抵抗算出用データ

|   |       |
|---|-------|
| 照査に用いる底版幅                                 | 全 幅   |
| 基礎底面と地盤との間の付着力 $C_B$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 0.000 |
| 基礎底面と地盤との間の摩擦係数 $\tan \delta$             | 0.600 |

## 1.14 安定計算の許容値及び部材の許容応力度

### 1.14.1 安定計算の許容値

| 荷 重 状 態 | 許容偏心量 $e_s / B$ (m) | 滑動安全率 | 許容支持力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------|-------|-----------------------------|
| 常時      | 1/6                 | 1.500 | 300.000                     |

ここに、

- B : 基礎幅(m)
- $e_s$  : 荷重の偏心量(m) , ただし、 $e_s = M_s / V$
- $M_s$  : 基礎底面に作用するモ - メント(kN.m)
- V : 基礎底面に作用する鉛直荷重(kN)

## 1.14.2 部材の許容応力度

## (1)無筋コンクリート部材

## 1) 縦壁、底版

(N/mm<sup>2</sup>)

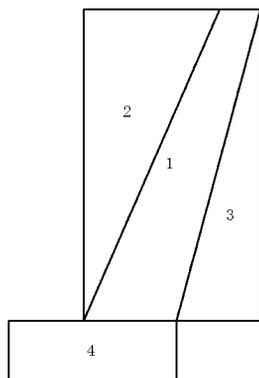
| 荷重状態 | 割増係数 | コンクリートの圧縮応力度<br>ca | コンクリートの引張応力度<br>ta | せん断応力度<br>at |
|------|------|--------------------|--------------------|--------------|
| 常時   | 1.00 | 4.000              | 0.200              | 0.310        |

## 2章 安定計算

### 2.1 水位を考慮しないブロックデータ

#### (1) 躯体自重

##### 1) ブロック割り



##### 2) 自重・重心

| 区分 | 計算式<br>幅 × 高さ × 奥行           | 体積<br>Vi (m³) | 重心位置(m) |       | Vi · Xi | Vi · Yi | 備考 |
|----|------------------------------|---------------|---------|-------|---------|---------|----|
|    |                              |               | Xi      | Yi    |         |         |    |
| 1  | 2.850 × 5.000 × 1.000        | 14.250        | 2.625   | 3.500 | 37.406  | 49.875  |    |
| 2  | -1/2 × 2.200 × 5.000 × 1.000 | -5.500        | 1.933   | 4.333 | -10.633 | -23.833 |    |
| 3  | -1/2 × 1.350 × 5.000 × 1.000 | -3.375        | 3.600   | 2.667 | -12.150 | -9.000  |    |
| 4  | 2.700 × 1.000 × 1.000        | 2.700         | 1.350   | 0.500 | 3.645   | 1.350   |    |
|    |                              | 8.075         | ———     | ———   | 18.268  | 18.392  |    |

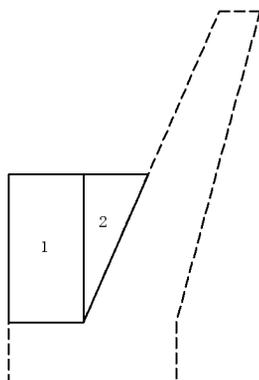
$$\begin{aligned} \text{重心位置 } XG &= (Vi \cdot Xi) / Vi = 18.268 / 8.075 = 2.262 \text{ (m)} \\ \text{重心位置 } YG &= (Vi \cdot Yi) / Vi = 18.392 / 8.075 = 2.278 \text{ (m)} \end{aligned}$$

### 2.2 水位を考慮するブロックデータ

#### (1) 前面水

##### [1] 常時 (危険水位)

##### 1) ブロック割り



2)体積・重心

| 区分 | 計算式<br>幅 × 高さ × 奥行          | 体積<br>Vi (m³) | 重心位置 (m) |       | Vi · Xi | Vi · Yi | 備考 |
|----|-----------------------------|---------------|----------|-------|---------|---------|----|
|    |                             |               | Xi       | Yi    |         |         |    |
| 1  | 1.200 × 2.381 × 1.000       | 2.857         | 0.600    | 2.191 | 1.714   | 6.259   |    |
| 2  | 1/2 × 1.048 × 2.381 × 1.000 | 1.247         | 1.549    | 2.587 | 1.932   | 3.227   |    |
|    |                             | 4.104         | —        | —     | 3.646   | 9.486   |    |

重心位置  $XG = (Vi \cdot Xi) / Vi = 3.646 / 4.104 = 0.888 \text{ (m)}$   
 $YG = (Vi \cdot Yi) / Vi = 9.486 / 4.104 = 2.311 \text{ (m)}$

2.3 躯体自重，土砂重量，その他荷重，浮力（揚圧力）による鉛直力、水平力

(1)自重による作用力

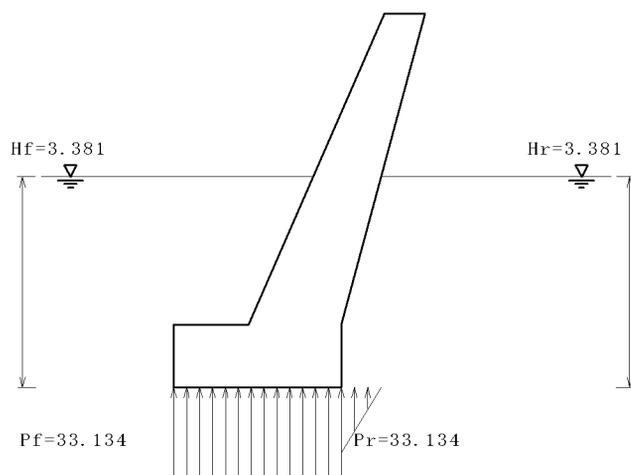
[1]常時

| 位置 | 鉛直力<br>$W = \rho \cdot V$<br>(kN) | 作用位置<br>X<br>(m) |
|----|-----------------------------------|------------------|
| 躯体 | 23.500 × 8.075 = 189.762          | 2.262            |

(2)土砂重量，浮力

[1]常時（危険水位）

1)浮力の算出



前面水位  $Hf = 3.381 \text{ (m)}$   
 背面水位  $Hr = 3.381 \text{ (m)}$

フーチング前面での水圧強度  $Pf = 33.134 \text{ (kN/m}^2\text{)}$   
 フーチング背面での水圧強度  $Pr = 33.134 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

躯体底面に作用する浮力

$$U = \frac{Pf + Pr}{2} \cdot Bj \cdot Bc = 89.461 \text{ (kN)}$$

作用位置（フーチング前面から）

$$X = \frac{Pf + 2 \cdot Pr}{3 \cdot (Pf + Pr)} \cdot Bj = 1.350 \text{ (m)}$$

ここに、

$$Bj : \text{土圧方向フーチング幅} \quad Bj = 2.700 \text{ (m)}$$

$$Bc : \text{直角方向フーチング幅} \quad Bc = 1.000 \text{ (m)}$$

壁背面に作用する浮力

$$Ur = \frac{1}{2} \cdot N2 \cdot Hr'^2 \cdot Gw = \frac{1}{2} \times 0.270 \times 2.381^2 \times 9.800 = 7.501 \text{ (kN)}$$

作用位置

$$xr = Bj + \frac{Hr' \cdot N2}{3} = 2.700 + \frac{2.381 \times 0.270}{3} = 2.914 \text{ (m)}$$

ここに、

$Hr'$  :  $Ur$ を考慮する背面水位(m)

$N2$  : 壁背面勾配

$Gw$  : 水の単位重量(kN/m<sup>3</sup>)

水圧鉛直成分

$$\text{前面側水圧鉛直成分 } Pfv = Vf \cdot Gw = -4.104 \times 9.800 = -40.223 \text{ (kN)}$$

$$\text{作用位置} \quad xf = 0.888 \text{ (m)}$$

ここに、

$Vf$  : 前面水体積(m<sup>3</sup>)

$Gw$  : 水の単位重量(kN/m<sup>3</sup>)

水圧鉛直成分を考慮した浮力は以下ようになる

$$Uv = (89.461 + Pfv + Ur) \cdot \quad = 56.739 \text{ (kN)}$$

$$X = \frac{U \cdot X + Pfv \cdot xf + Ur \cdot xr}{Uv} = 1.884 \text{ (m)}$$

ここに、

$$\text{ : 浮力の低減係数} \quad = 1.000$$

## 2.4 土圧・水圧

[1]常時（危険水位）

土圧は試行くさび法により求める。

$$\text{仮想背面の位置（つま先からの距離）} \quad xp = 2.430 \text{ m}$$

$$yp = 0.000 \text{ m}$$

$$\text{仮想背面の高さ} \quad H = 6.000 \text{ m}$$

$$\text{仮想背面が鉛直面となす角度} \quad = -15.110^\circ$$

$$\text{背面土砂の単位体積重量} \quad s = 20.000 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{背面土砂の内部摩擦角} \quad = 35.00^\circ$$

$$\text{壁面摩擦角} \quad = 2/3 = 23.333^\circ$$

$$\text{すべり角の変化範囲} \quad i = 10.00^\circ \sim 80.00^\circ$$

すべり角( )に対する土砂重量(W) , 土圧力(P)

水位 hw = 3.381 m

| すべり角<br>(°) | 土砂重量 W(kN) |        |        |         | 土圧力<br>P (kN) |
|-------------|------------|--------|--------|---------|---------------|
|             | 水位以上       | 水位以下   | 上載荷重   | 合計      |               |
| 52.00       | 125.615    | 32.729 | 30.677 | 189.021 | 55.919        |
| 53.00       | 118.802    | 30.954 | 29.013 | 178.769 | 56.057        |
| 54.00       | 112.165    | 29.225 | 27.392 | 168.782 | 55.937        |

土圧力が最大となるのは、

$$= 53.00^\circ \text{ のとき } P = 56.057 \text{ kN}$$

である。

土圧力

$$P = \frac{W \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta)}$$

$$= \frac{178.769 \times \sin(53.00^\circ - 35.00^\circ)}{\cos(53.00^\circ - 35.00^\circ - 15.110^\circ - 23.333^\circ)}$$

$$= 56.057 \text{ kN}$$

このときの土圧力の水平成分、鉛直成分、作用位置は次のようになる。

水平成分

$$P_h = P \cdot \cos( + ) = 56.057 \times \cos(-15.110^\circ + 23.333^\circ) = 55.481 \text{ kN}$$

鉛直成分

$$P_v = P \cdot \sin( + ) = 56.057 \times \sin(-15.110^\circ + 23.333^\circ) = 8.018 \text{ kN}$$

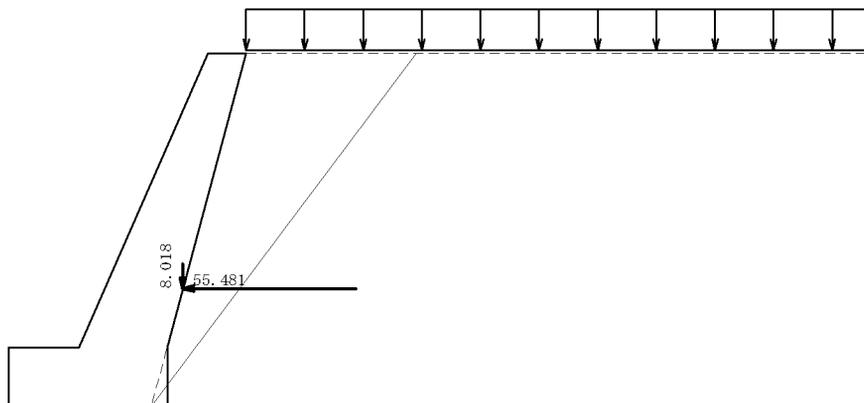
作用位置

$$H_o = \frac{H}{3} = \frac{6.000}{3} = 2.000 \text{ m}$$

$$x = x_p - H_o \cdot \tan \alpha = 2.430 - 2.000 \times \tan 15.110^\circ = 2.970 \text{ m}$$

$$y = y_p + H_o = 0.000 + 2.000 = 2.000 \text{ m}$$

・土圧図



静水圧

$$P = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

$$Y = \frac{h}{3}$$

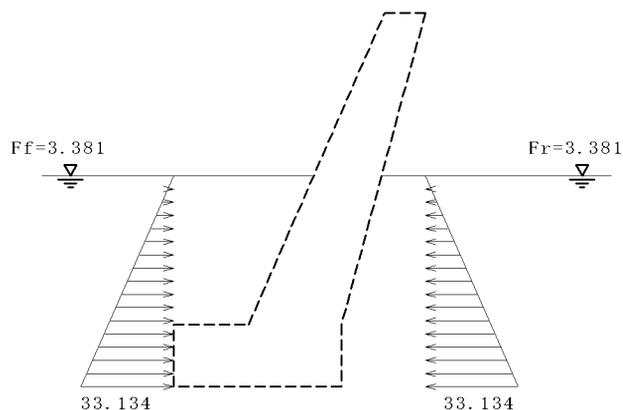
ここに、

w : 水の単位重量 (kN/m<sup>3</sup>), w = 9.800

h : 水位 (m)

Y : 作用位置 (m)

[1]常時 (危険水位)

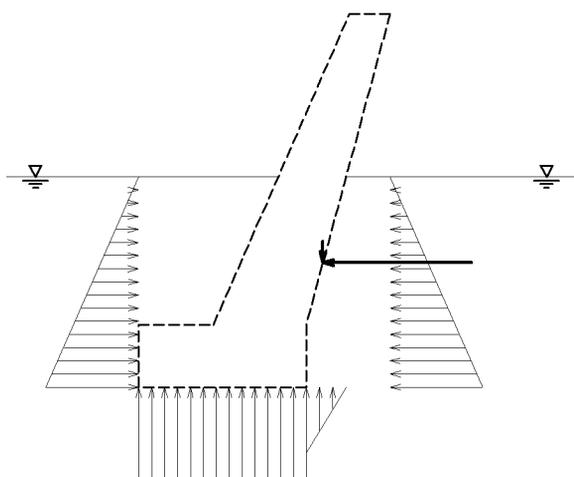


|    | h (m) | P (kN)  | 作用位置 Y (m) |
|----|-------|---------|------------|
| 前面 | 3.381 | -56.013 | 1.127      |
| 背面 | 3.381 | 56.013  | 1.127      |

2.5 作用力の集計

(1)フーチング前面での作用力の集計

[1]常時 (危険水位)



| 項目 | 鉛直力 N <sub>i</sub> (kN) | 水平力 H <sub>i</sub> (kN) | アーム長               |                    | 回転モーメント(kN.m)                                     |   |
|----|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|---|---|
|    |                         |                         | X <sub>i</sub> (m) | Y <sub>i</sub> (m) | M <sub>xi</sub> = N <sub>i</sub> · X <sub>i</sub> | M <sub>yi</sub> = H <sub>i</sub> · Y <sub>i</sub> |
| 自重 | 189.762                 | 0.000                   | 2.262              | 0.000              | 429.300   | 0.000   |
| 浮力 | -56.739                 | 0.000                   | 1.884              | 0.000              | -106.897  | 0.000   |

| 項目   | 鉛直力<br>N <sub>i</sub> (kN) | 水平力<br>H <sub>i</sub> (kN) | アーム長               |                    | 回転モーメント(kN.m)  |  |
|------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--|--|
|      |                            |                            | X <sub>i</sub> (m) | Y <sub>i</sub> (m) | M <sub>x<sub>i</sub></sub> = N <sub>i</sub> · X <sub>i</sub> | M <sub>y<sub>i</sub></sub> = H <sub>i</sub> · Y <sub>i</sub> |
| 背面水圧 | 0.000                      | 56.013                     | 0.000              | 1.127              | 0.000  | 63.126   |
| 前面水圧 | 0.000                      | -56.013                    | 0.000              | 1.127              | 0.000  | -63.126  |
| 土 圧  | 8.018                      | 55.481                     | 2.970              | 2.000              | 23.813   | 110.962  |
| 合 計  | 141.041                    | 55.481                     | ————               | ————               | 346.217  | 110.962  |

| 荷重状態(水位) | N <sub>o</sub><br>(kN) | H <sub>o</sub><br>(kN) | M <sub>o</sub><br>(kN.m) |
|----------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 常時(危険水位) | 141.041                | 55.481                 | 235.255                  |

(2)フーチング中心での作用力の集計

鉛 直 力 : N<sub>c</sub> = N<sub>o</sub> (kN)  
 水 平 力 : H<sub>c</sub> = H<sub>o</sub> (kN)  
 回 転 モ ー メ ン ト : M<sub>c</sub> = N<sub>o</sub> · B<sub>j</sub> / 2.0 - M<sub>o</sub> (kN.m)

ここに、

フーチング土圧方向幅 : B<sub>j</sub> = 2.700 (m)

単位幅当り

| 荷重状態(水位) | N <sub>c</sub><br>(kN) | H <sub>c</sub><br>(kN) | M <sub>c</sub><br>(kN.m) |
|----------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 常時(危険水位) | 141.041                | 55.481                 | -44.849                  |

全幅(5.000m)当り

| 荷重状態(水位) | N <sub>c</sub><br>(kN) | H <sub>c</sub><br>(kN) | M <sub>c</sub><br>(kN.m) |
|----------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| 常時(危険水位) | 705.206                | 277.405                | -224.245                 |

## 2.6 安定計算結果

### 2.6.1 転倒に対する安定

$$d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma Mt}{\Sigma V}$$

ここに、

d : 底版つま先から合力の作用点までの距離(m)

Mr : 底版つま先回りの抵抗モーメント(kN.m)

Mt : 底版つま先回りの転倒モーメント(kN.m)

V : 底版下面における全鉛直荷重(kN)

$$e = \frac{B}{2} - d$$

ここに、

e : 合力の作用点の底版中央からの偏心距離(m)

B : 底版幅(m), B = 2.700

$$e_a = B / n$$

ここに、

e<sub>a</sub> : 許容偏心距離(m)

n : 安全率

| 荷重状態(水位) | Mr<br>(kN.m) | Mt<br>(kN.m) | V<br>(kN) | d<br>(m) | e<br>(m) | e <sub>a</sub><br>(m) |
|----------|--------------|--------------|-----------|----------|----------|-----------------------|
| 常時(危険水位) | 346.217      | 110.962      | 141.041   | 1.668    | 0.318    | 0.450                 |

### 2.6.2 滑動に対する安定

$$F_s = \frac{\Sigma V \cdot \mu + C_b \cdot B}{\Sigma H}$$

ここに、

V : 底版下面における全鉛直荷重(kN)

H : 底版下面における全水平荷重(kN)

μ : 底版と支持地盤の間の摩擦係数, μ = 0.600

C<sub>b</sub> : 底版と支持地盤の間の付着力(kN/m<sup>2</sup>), C<sub>b</sub> = 0.000

B : 底版幅(m), B = 2.700

| 荷重状態(水位) | 鉛直荷重<br>V(kN) | 水平荷重<br>H(kN) | 安全率<br>F <sub>s</sub> | 必要安全率<br>F <sub>sa</sub> |
|----------|---------------|---------------|-----------------------|--------------------------|
| 常時(危険水位) | 141.041       | 55.481        | 1.525                 | 1.500                    |

### 2.6.3 支持に対する照査

1) 合力作用点が底版中央の底版幅1/3(ミドルサード)の中にある場合

$$q_1 = \frac{\Sigma V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_2 = \frac{\Sigma V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

2)合力作用点が底版中央の底版幅2/3の中にある場合

$$q_1 = \frac{2 \Sigma V}{3 \cdot (B/2 - e)}$$

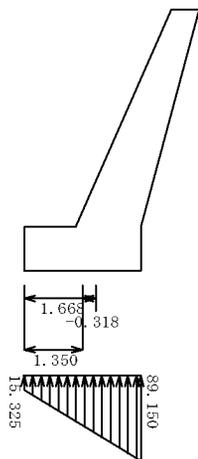
ここに、

V : 底版下面に作用する全鉛直荷重(kN)

B : 底版幅(m), B = 2.700

e : 偏心量(m)

[1]常時(危険水位)



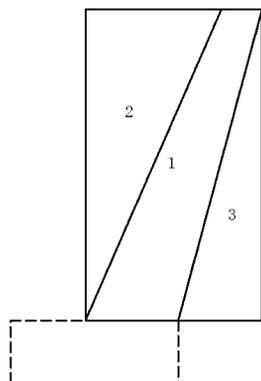
| 地盤反力の作用幅(m)<br>x及びB | 地盤反力の形状 | 地盤反力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |        |         |
|---------------------|---------|----------------------------|--------|---------|
|                     |         | qmin                       | qmax   | 許容値     |
| 2.700               | 台形      | 15.325                     | 89.150 | 300.000 |

### 3章 豎壁の設計

#### 3.1 豎壁基部の設計

##### 3.1.1 水位を考慮しないブロックデータ

###### (1) ブロック割り



###### (2) 体積・重心

| 区分 | 計算式<br>幅 × 高さ × 奥行           | 体積<br>Vi (m³) | 重心位置 (m) |       | Vi · Xi | Vi · Yi | 備考 |
|----|------------------------------|---------------|----------|-------|---------|---------|----|
|    |                              |               | Xi       | Yi    |         |         |    |
| 1  | 2.850 × 5.000 × 1.000        | 14.250        | 1.425    | 2.500 | 20.306  | 35.625  |    |
| 2  | -1/2 × 2.200 × 5.000 × 1.000 | -5.500        | 0.733    | 3.333 | -4.031  | -18.331 |    |
| 3  | -1/2 × 1.350 × 5.000 × 1.000 | -3.375        | 2.400    | 1.667 | -8.100  | -5.626  |    |
|    |                              | 5.375         | —        | —     | 8.175   | 11.667  |    |

$$\begin{aligned} \text{重心 } XG &= (Vi \cdot Xi) / Vi = 8.175 / 5.375 = 1.521 \text{ (m)} \\ YG &= (Vi \cdot Yi) / Vi = 11.667 / 5.375 = 2.171 \text{ (m)} \end{aligned}$$

##### 3.1.2 躯体自重, その他荷重

###### (1) 躯体自重

###### [1] 常時

| 位置     | W = $\cdot V$<br>(kN)    | 作用位置<br>X (m) |
|--------|--------------------------|---------------|
| 躯体(無筋) | 23.500 × 5.375 = 126.312 | -0.771        |

##### 3.1.3 土圧・水圧

###### [1] 常時 (危険水位)

土圧は試行くさび法により求める。

仮想背面の位置 (断面中心からの距離)    xp = 0.750 m

yp = 0.000 m

仮想背面の高さ    H = 5.000 m

仮想背面が鉛直面となす角度    = -15.110 °

背面土砂の単位体積重量    s = 20.000 kN/m³

背面土砂の内部摩擦角    = 35.000 °

壁面摩擦角    = 2 / 3 = 23.333 °

すべり角の変化範囲

$$i = 10.00^\circ \sim 80.00^\circ$$

すべり角( )に対する土砂重量(W) , 土圧力(P)

水位  $h_w = 3.381 \text{ m}$

| すべり角<br>(°) | 土砂重量 W(kN) |        |        |         | 土圧力<br>P (kN) |
|-------------|------------|--------|--------|---------|---------------|
|             | 水位以上       | 水位以下   | 上載荷重   | 合計      |               |
| 52.00       | 98.834     | 16.232 | 25.564 | 140.630 | 41.603        |
| 53.00       | 93.474     | 15.351 | 24.177 | 133.002 | 41.706        |
| 54.00       | 88.252     | 14.494 | 22.827 | 125.573 | 41.617        |

土圧力が最大となるのは、

$$= 53.00^\circ \text{ のとき } P = 41.706 \text{ kN}$$

である。

土圧力

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{W \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \alpha - \delta)} \\
 &= \frac{133.002 \times \sin(53.00^\circ - 35.00^\circ)}{\cos(53.00^\circ - 35.00^\circ - 15.110^\circ - 23.333^\circ)} \\
 &= 41.706 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

このときの土圧力の水平成分、鉛直成分、作用位置は次のようになる。

水平成分

$$P_h = P \cdot \cos( + ) = 41.706 \times \cos(-15.110^\circ + 23.333^\circ) = 41.277 \text{ kN}$$

鉛直成分

$$P_v = P \cdot \sin( + ) = 41.706 \times \sin(-15.110^\circ + 23.333^\circ) = 5.965 \text{ kN}$$

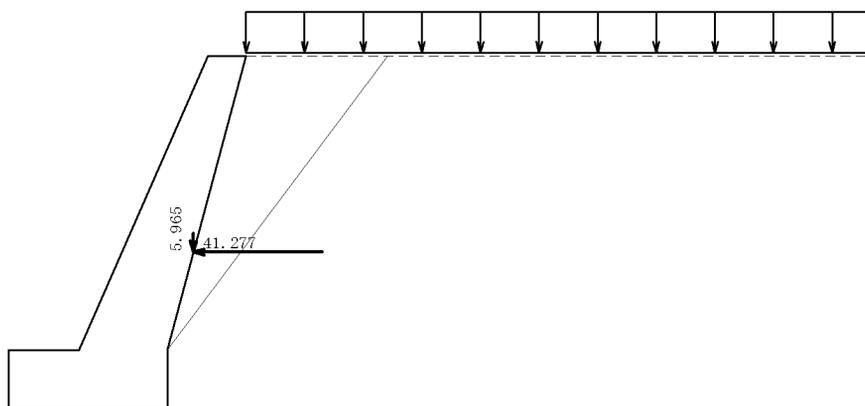
作用位置

$$H_o = \frac{H}{3} = \frac{5.000}{3} = 1.667 \text{ m}$$

$$x = H_o \cdot \tan - x_p = 1.667 \times \tan -15.110^\circ - 0.750 = -1.200 \text{ m}$$

$$y = y_p + H_o = 0.000 + 1.667 = 1.667 \text{ m}$$

・土圧図



静水圧

$$P = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot h^2$$

$$Y = \frac{h}{3}$$

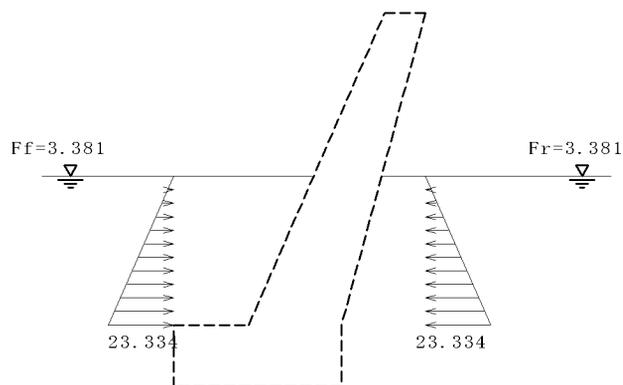
ここに、

w : 水の単位重量 (kN/m<sup>3</sup>), w = 9.800

h : 水位 (m)

Y : 作用位置 (m)

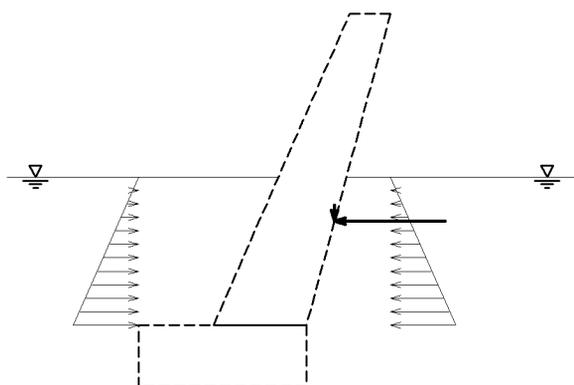
[1]常時 (危険水位)



|    | h<br>(m) | P<br>(kN) | 作用位置<br>Y<br>(m) |
|----|----------|-----------|------------------|
| 前面 | 2.381    | -27.779   | 0.794            |
| 背面 | 2.381    | 27.779    | 0.794            |

3.1.4 断面力の集計

[1]常時 (危険水位)



| 項目   | N <sub>i</sub><br>(kN) | H <sub>i</sub><br>(kN) | X <sub>i</sub><br>(m) | Y <sub>i</sub><br>(m) | M = M <sub>x,i</sub> +M <sub>y,i</sub><br>(kN.m) |
|------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 自重   | 126.312                | 0.000                  | -0.771                | 0.000                 | -97.374  |
| 背面水圧 | 0.000                  | 27.779                 | 0.000                 | 0.794                 | 22.047   |
| 前面水圧 | 0.000                  | -27.779                | 0.000                 | 0.794                 | -22.047  |
| 土圧   | 5.965                  | 41.277                 | -1.200                | 1.667                 | 61.651   |

| 項目 | N <sub>i</sub><br>(kN) | H <sub>i</sub><br>(kN) | X <sub>i</sub><br>(m) | Y <sub>i</sub><br>(m) | M = M <sub>x</sub> +M <sub>y</sub><br>(kN.m) |
|----|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 合計 | 132.277                | 41.277                 | ————                  | ————                  | -35.723                                      |

X<sub>i</sub> は設計断面中心からの距離（前面側に向かって+）、Y<sub>i</sub> は設計断面からの高さ

### 3.1.5 断面計算（許容応力度法）

#### (1) 曲げ応力度の照査

$$\sigma_c = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

ここに、

c：コンクリート断面の縁応力度(N/mm<sup>2</sup>)

N：軸方向力(N)

A：コンクリートの全断面積(mm<sup>2</sup>)，A = 1500000.000

M：曲げモーメント(N.m)

W：コンクリート断面の図心軸に関する断面係数(mm<sup>3</sup>)，W = 375000.0 × 10<sup>3</sup>

| 荷重状態（水位） | M<br>(kN.m) | N<br>(kN) | 圧縮応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |       | 引張応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |       |
|----------|-------------|-----------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
|          |             |           | 計算値                       | 許容値   | 計算値                       | 許容値   |
| 常時(危険水位) | -35.723     | 132.277   | 0.183                     | 4.000 | 0.007                     | 0.200 |

引張応力度が「-」の場合は，全断面圧縮状態による。

#### (2) せん断応力度の照査

$$\tau_m = \frac{S_h}{b \cdot d} \leq \tau_{a1}$$

ここに、

m：部材断面に生じるコンクリートのせん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

S<sub>h</sub>：作用せん断力(N)

d：部材の有効高(mm)，d = 1500.000

b：部材断面幅(mm)

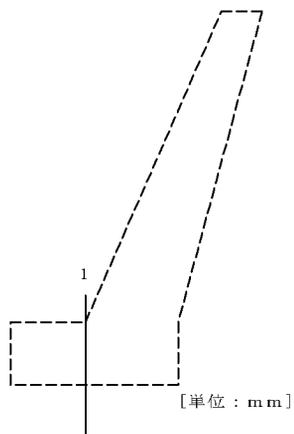
a<sub>1</sub>：コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

| 荷重状態（水位） | せん断力<br>S <sub>h</sub> (kN) | せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |                   |
|----------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|
|          |                             | 計算値                        | 許容値 <sub>a1</sub> |
| 常時(危険水位) | 41.277                      | 0.028                      | 0.310             |

## 4章 つま先版の設計

### 4.1 照査位置[1]の設計

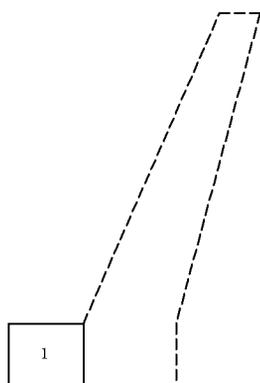
付け根からの距離 = 0.000 m



#### 4.1.1 水位を考慮しないブロックデータ

(1) 躯体自重

1) ブロック割り



2) 自重・重心

| 区分 | 計算式<br>幅 × 高さ × 奥行    | 体積<br>$V_i$<br>( $m^3$ ) | 重心位置<br>$X_i$<br>(m) | $V_i \cdot X_i$ | 備考 |
|----|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----|
| 1  | 1.200 × 1.000 × 1.000 | 1.200                    | 0.600                | 0.720           |    |
|    |                       | 1.200                    | —                    | 0.720           |    |

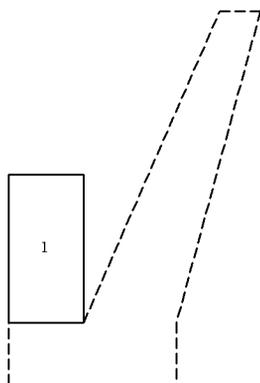
$$\text{重心位置 } X_G = (V_i \cdot X_i) / V_i = 0.720 / 1.200 = 0.600 \text{ (m)}$$

### 4.1.2 水位を考慮するブロックデータ

#### (1) 前面水

[1] 常時 (危険水位)

#### 1) ブロック割り



#### 2) 体積・重心

| 区分 | 計算式<br>幅 × 高さ × 奥行                | 体積<br>$V_i$<br>( $m^3$ ) | 重心位置<br>$X_i$<br>(m) | $V_i \cdot X_i$ | 備考 |
|----|-----------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----|
| 1  | $1.200 \times 2.381 \times 1.000$ | 2.857                    | 0.600                | 1.714           |    |
|    |                                   | 2.857                    | —                    | 1.714           |    |

$$\text{重心位置 } XG = (V_i \cdot X_i) / V_i = 1.714 / 2.857 = 0.600 \text{ (m)}$$

### 4.1.3 躯体自重，土砂重量，その他荷重，浮力（揚圧力）による鉛直力

#### (1) 自重による作用力

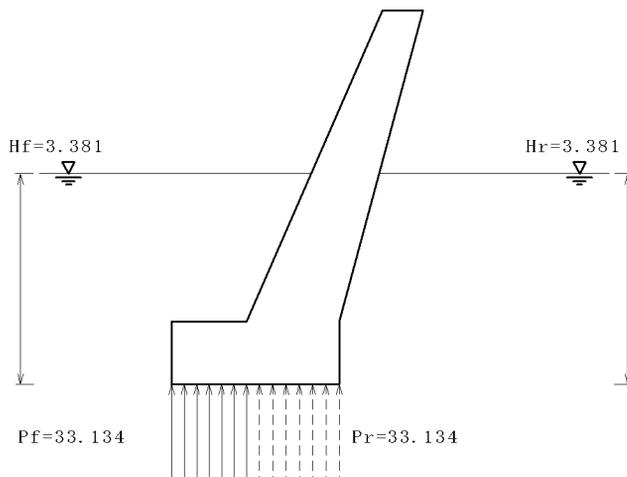
[1] 常時

| 位置 | 鉛直力<br>$W = \gamma \cdot V$<br>(kN) | 作用位置<br>$X$<br>(m) |
|----|-------------------------------------|--------------------|
| 躯体 | $23.500 \times 1.200 = 28.200$      | 0.600              |

(2)土砂重量, 浮力

[1]常時 (危険水位)

1)浮力の算出



前面水位  $H_f = 3.381 \text{ (m)}$

背面水位  $H_r = 3.381 \text{ (m)}$

フーチング前面での水圧強度  $P_f = 33.134 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

フーチング背面での水圧強度  $P_r = 33.134 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

浮力

$$U = \frac{P_f + P_r}{2} \cdot B_j \cdot B_c = 39.761 \text{ (kN)}$$

作用位置 (フーチング前面から)

$$X = \frac{P_r + 2 \cdot P_f}{3 \cdot (P_f + P_r)} \cdot B_j = 0.600 \text{ (m)}$$

ここに、

$B_j$  : 土圧方向フーチング幅  $B_j = 1.200 \text{ (m)}$

$B_c$  : 直角方向フーチング幅  $B_c = 1.000 \text{ (m)}$

水圧鉛直成分

前面側水圧鉛直成分  $P_{fv} = V_f \cdot G_w = -2.857 \times 9.800 = -28.001 \text{ (kN)}$

作用位置  $x_f = 0.600 \text{ (m)}$

ここに、

$V_f$  : 前面水体積 ( $\text{m}^3$ )

$G_w$  : 水の単位重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

水圧鉛直成分を考慮した浮力は以下ようになる

$$U_v = (39.761 + P_{fv}) \cdot B_j \cdot B_c = 11.760 \text{ (kN)}$$

$$X = \frac{U \cdot X + P_{fv} \cdot x_f}{U_v} = 0.600 \text{ (m)}$$

ここに、

: 浮力の低減係数  $= 1.000$

#### 4.1.4 地盤反力

鉛直力

$$N = \frac{1}{2} (q_1 + q_2) \cdot L$$

作用位置

$$X = \frac{2 \cdot q_1 + q_2}{3 \cdot (q_1 + q_2)} \cdot L$$

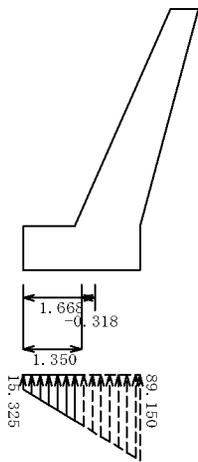
ここに、

q1 : つま先版前面位置の地盤反力度

q2 : つま先版設計位置の地盤反力度

L : 地盤反力作用幅 L = 1.200 (m)

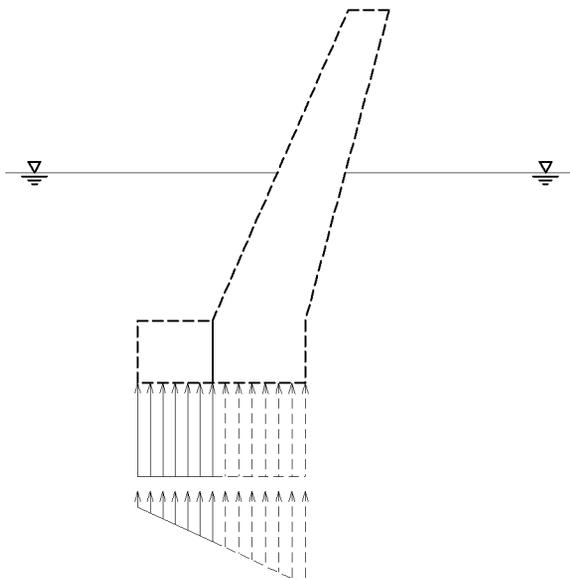
[1]常時(危険水位)



| 地盤反力度 (kN/m <sup>2</sup> ) |        | 鉛直力<br>N (kN) | 作用位置<br>X (m) |
|----------------------------|--------|---------------|---------------|
| q1                         | q2     |               |               |
| 15.325                     | 48.136 | -38.077       | 0.497         |

#### 4.1.5 断面力の集計

[1]常時 (危険水位)



| 項目 | N <sub>i</sub><br>(kN) | X <sub>i</sub><br>(m) | M = N <sub>i</sub> · X <sub>i</sub><br>(kN·m) |
|----|------------------------|-----------------------|---|
| 自重 | -28.200                | 0.600                 | -16.920                                       |

| 項目   | N <sub>i</sub><br>(kN) | X <sub>i</sub><br>(m) | M = N <sub>i</sub> · X <sub>i</sub><br>(kN·m) |
|------|------------------------|-----------------------|---|
| 浮力   | 11.760                 | 0.600                 | 7.056   |
| 地盤反力 | 38.077                 | 0.497                 | 18.909  |
| 合計   | 21.636                 | —————                 | 9.045   |

#### 4.1.6 断面計算（許容応力度法）

##### (1) 曲げ応力度の照査

$$\sigma_c = \pm \frac{M}{W}$$

ここに、

c : コンクリート断面の縁応力度(N/mm<sup>2</sup>)

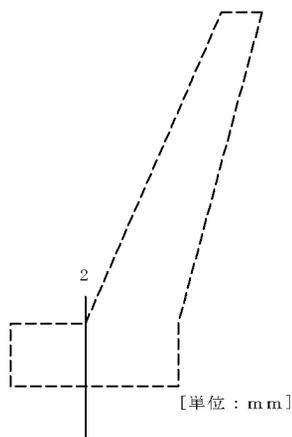
M : 曲げモーメント(N·mm)

W : コンクリート断面の図心軸に関する断面係数(mm<sup>3</sup>) , W = 166666.7 × 10<sup>3</sup>

| 荷重状態（水位） | M<br>(kN·m) | 圧縮応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |       | 引張応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |       |
|----------|-------------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
|          |             | 計算値                       | 許容値   | 計算値                       | 許容値   |
| 常時(危険水位) | 9.045       | 0.054                     | 4.000 | 0.054                     | 0.200 |

#### 4.2 照査位置[2]の設計

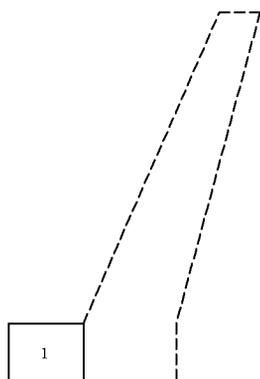
付け根からの距離 = 0.000 m



#### 4.2.1 水位を考慮しないブロックデータ

(1) 躯体自重

1) ブロック割り



2) 自重・重心

| 区分 | 幅 × 高さ × 奥行<br>計算式    | 体積<br>$V_i$<br>( $m^3$ ) | 重心位置<br>$X_i$<br>(m) | $V_i \cdot X_i$ | 備考 |
|----|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----|
| 1  | 1.200 × 1.000 × 1.000 | 1.200                    | 0.600                | 0.720           |    |
|    |                       | 1.200                    | —                    | 0.720           |    |

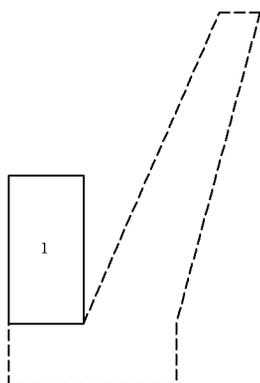
$$\text{重心位置 } XG = (V_i \cdot X_i) / V_i = 0.720 / 1.200 = 0.600 \text{ (m)}$$

#### 4.2.2 水位を考慮するブロックデータ

(1) 前面水

[1] 常時 (危険水位)

1) ブロック割り



2) 体積・重心

| 区分 | 幅 × 高さ × 奥行<br>計算式    | 体積<br>$V_i$<br>( $m^3$ ) | 重心位置<br>$X_i$<br>(m) | $V_i \cdot X_i$ | 備考 |
|----|-----------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|----|
| 1  | 1.200 × 2.381 × 1.000 | 2.857                    | 0.600                | 1.714           |    |
|    |                       | 2.857                    | —                    | 1.714           |    |

$$\text{重心位置 } XG = (V_i \cdot X_i) / V_i = 1.714 / 2.857 = 0.600 \text{ (m)}$$

4.2.3 躯体自重，土砂重量，その他荷重，浮力（揚圧力）による鉛直力

(1)自重による作用力

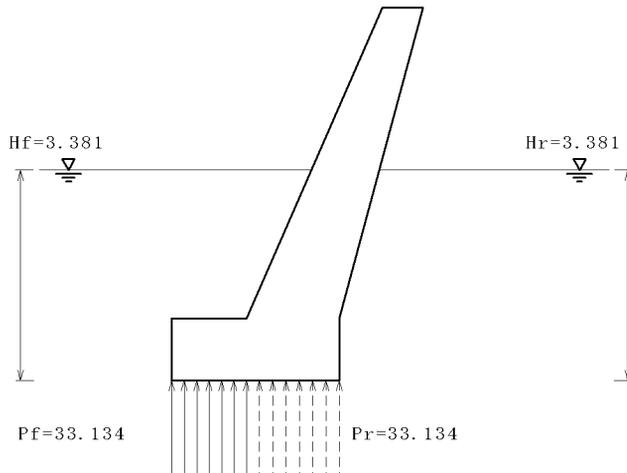
[1]常時

| 位置 | 鉛直力<br>$W = \quad \cdot \quad V$<br>(kN) | 作用位置<br>$X$<br>(m) |
|----|--|--------------------|
| 躯体 | $23.500 \times 1.200 = 28.200$           | 0.600              |

(2)土砂重量，浮力

[1]常時（危険水位）

1)浮力の算出



前面水位  $H_f = 3.381 \text{ (m)}$

背面水位  $H_r = 3.381 \text{ (m)}$

フーチング前面での水圧強度  $P_f = 33.134 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

フーチング背面での水圧強度  $P_r = 33.134 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

浮力

$$U = \frac{P_f + P_r}{2} \cdot B_j \cdot B_c = 39.761 \text{ (kN)}$$

作用位置（フーチング前面から）

$$X = \frac{P_r + 2 \cdot P_f}{3 \cdot (P_f + P_r)} \cdot B_j = 0.600 \text{ (m)}$$

ここに、

$B_j$  : 土圧方向フーチング幅  $B_j = 1.200 \text{ (m)}$

$B_c$  : 直角方向フーチング幅  $B_c = 1.000 \text{ (m)}$

水圧鉛直成分

前面側水圧鉛直成分  $P_{fv} = V_f \cdot G_w = -2.857 \times 9.800 = -28.001 \text{ (kN)}$

作用位置  $x_f = 0.600 \text{ (m)}$

ここに、

$V_f$  : 前面水体積 ( $\text{m}^3$ )

$G_w$  : 水の単位重量 ( $\text{kN/m}^3$ )

水圧鉛直成分を考慮した浮力は以下ようになる

$$U_v = ( 39.761 + P_{fv} ) \cdot \dots = 11.760 \text{ (kN)}$$

$$X = \frac{U \cdot X + P_{fv} \cdot x_f}{U_v} = 0.600 \text{ (m)}$$

ここに、

: 浮力の低減係数 = 1.000

#### 4.2.4 地盤反力

鉛直力

$$N = \frac{1}{2} (q_1 + q_2) \cdot L$$

作用位置

$$X = \frac{2 \cdot q_1 + q_2}{3 \cdot (q_1 + q_2)} \cdot L$$

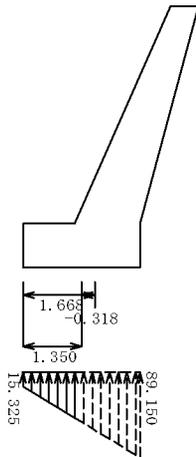
ここに、

q1 : つま先版前面位置の地盤反力度

q2 : つま先版設計位置の地盤反力度

L : 地盤反力作用幅 L = 1.200 (m)

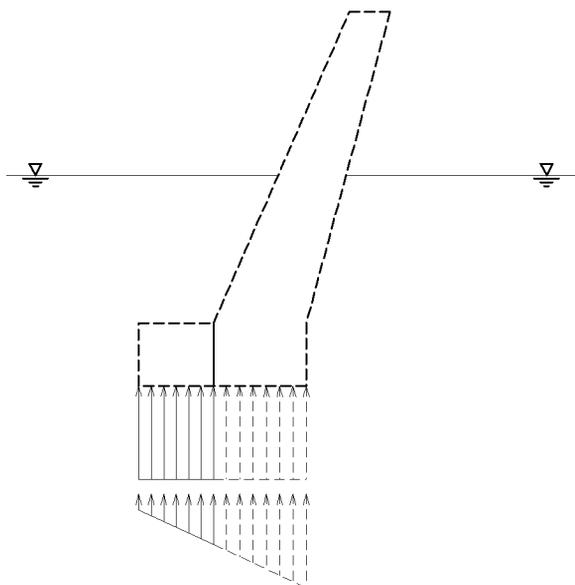
[1] 常時(危険水位)



| 地盤反力度(kN/m <sup>2</sup> ) |        | 鉛直力<br>N (kN) | 作用位置<br>X (m) |
|---------------------------|--------|---------------|---------------|
| q1                        | q2     |               |               |
| 15.325                    | 48.136 | -38.077       | 0.497         |

### 4.2.5 断面力の集計

[1]常時 (危険水位)



| 項目   | $N_i$<br>(kN) | $X_i$<br>(m) | $M = N_i \cdot X_i$<br>(kN.m) |
|------|---------------|--------------|-------------------------------|
| 自重   | -28.200       | 0.600        | -16.920                       |
| 浮力   | 11.760        | 0.600        | 7.056                         |
| 地盤反力 | 38.077        | 0.497        | 18.909                        |
| 合計   | 21.636        | —            | 9.045                         |

### 4.2.6 断面計算 (許容応力度法)

(1)せん断応力度の照査

$$\tau_a = \frac{S_h}{b \cdot d} \leq \tau_{a1}$$

ここに、

$\tau_m$  : コンクリートの平均せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$S_h$  : 作用せん断力 (N)

$d$  : 部材の有効高 (mm) ,  $d = 1000.000$

$b$  : 部材断面幅 (mm)

$\tau_{a1}$  : コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

| 荷重状態 (水位) | せん断力<br>$S_h$ (kN) | せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) |                 |
|-----------|--------------------|-----------------------------|-----------------|
|           |                    | 計算値                         | 許容値 $\tau_{a1}$ |
| 常時 (危険水位) | 21.636             | 0.022                       | 0.310           |