

特集：水路設計計算システム Ver6.0

令和元年年 10 月記事更新
(株) SIPシステム

水路工の設計ソフトが
ここまで進みました!!

—はじめに—

本システムは、土地改良設計基準「水路工」「ため池整備」及び「耐震設計の手引き」に準拠した水路構造物の常時・地震時の安定計算や鉄筋（無筋）コンクリートの断面力の照査を行います。

水路の形状として、左右側壁の高さが異なる偏土圧や側壁が外側に傾斜している（扇形）形状に対応。また、地震時検討時の動水圧の考慮や浮上り検討時の必要フーチング長の自動計算、また「滑動の検討」においては、反力（受働土圧以内）を考慮した計算が可能です。部材断面力の照査では、複鉄筋/単鉄筋の指定が可能。また、応力度判定結果を画面表示しますので適正配筋の指定も可能です。出力帳票は、プレビュー画面にて内容確認後、印刷および Word 出力も可能です。

「水路設計計算システム Ver6.0」の特徴はここ!!

適用基準

- 設計基準 設計「水路工 (H26/3)」 ・ 設計指針「ため池整備 (H27/5)」
- 設計指針「耐震設計 (H27/5)」・ 土地改良施設「耐震設計の手引き (H16/3)」

水路形状

- 左右側壁高が同じ形状 ・ 左右側壁高が異なる形状（偏土圧）
- 左右の側壁が外側に傾斜（扇形）している形状

適用部材

- 鉄筋コンクリート用水路（複鉄筋/単鉄筋の配置および計算・異形鉄筋・段落し）
- 無筋コンクリート用水路（部材断面照査）

適用土圧公式

- ランキン土圧・クーロン土圧・試行くさび法（背面形状座標により任意指定）
- フェレニウム（内部摩擦角+粘着力）・粘着力のみ（内部摩擦角を無視）

安定計算

- 常時・地震時の検討／浮上りの検討（フーチング幅を自動計算） ・ 転倒の検討
- 地盤支持力の検討・滑動の検討（反力を検討/受働土圧以内を検証）

部材検討

- 単鉄筋・複鉄筋の配置および単鉄筋・複鉄筋の計算 ・ 異形鉄筋の配置
- 側壁内外の段落し ・ 必要部材厚&鉄筋量を表示、適正配筋の組み合わせが可能

上載荷重

- 左右側壁背面へ「自動車荷重」「群集荷重」「雪荷重」「凍上荷重」の考慮の他、
- その他荷重（水路上面荷重）として「鉛直荷重・水平荷重」の考慮が可能

印刷機能

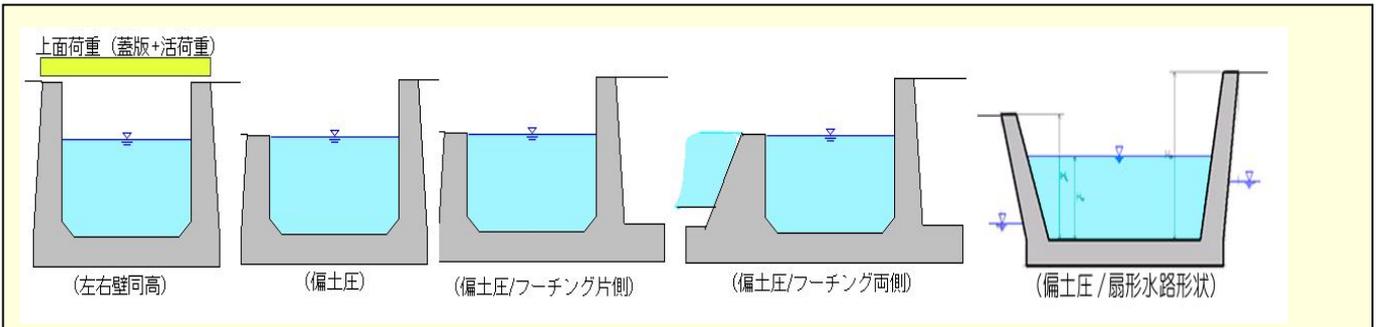
- 計算書はプレビュー印刷後、設計項目毎に印刷可能 ・ Word 変換も可能

水路設計計算システムのポイント

①適用基準

- 土地改良設計基準 「水路工」(農林水産省農村振興局監修)(H26/3)
 - 土地改良設計指針「ため池整備」参考資料 計算例(農林水産省構造改善局監修)(H27/5)
 - 土地改良設計指針「耐震設計」(農林水産省振興局監修)(H27/5)
 - 土地改良施設 耐震設計の手引き(農林水産省振興局監修)(H16/3)
- 注) ●道路土工「擁壁工指針」(H24/7) ●コンクリート標準示方書「設計編」は参考基準

②構造形式



③主な計算機能

- 1) 常時・地震時の安定計算および部材断面計算が可能。
- 2) 左右側壁高が異なる偏土圧を考慮した計算が可能。
- 3) 左右の側壁が外側に転ぶ扇形水路の計算が可能。
- 4) 上面荷重を一覧表管理し安定計算や部材断面検討に反映可能。
- 5) 浮上の検討で必要フーチング長の自動計算が可能。
- 6) 滑動検討時、受働土圧の範囲内の反力を考慮可能。
- 7) 許容地盤支持力の計算で荷重傾斜(偏心)を考慮した計算が可能。
- 8) 部材検討時の荷重組合わせは、標準3ケースおよび任意3ケース可能。
- 9) 鉄筋コンクリートまたは無筋構造物の断面照査が可能。
- 10) 計算書は計算項目毎に印刷可能な他 RTF により Word 変換が可能。

④土圧公式

土圧公式

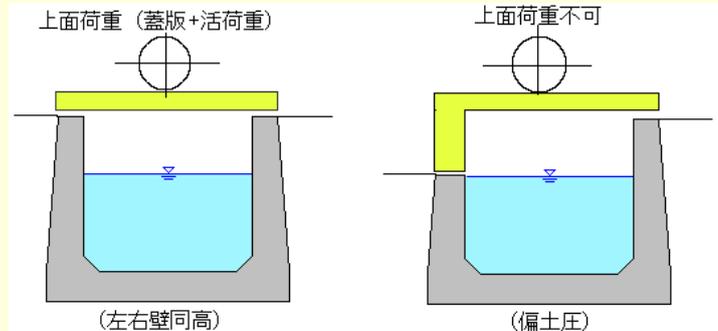
- ランキン
- クーロン
- 任意係数
- 試行くさび
- フェレニウス
- 粘着力のみ

・水路工では、基本土圧公式は「クーロン土圧」ですが、側壁背面側の地表面が不規則である場合等は「試行くさび法」を用いるとしています。

⑥商品機能と設計基準

1. 水路上面荷重

- 左右の側壁高さが同じ(偏土圧で無い)の場合：上面荷重-----考慮可能
 - ・鉛直荷重
- 左右の側壁高さが異なる偏土圧の場合：上面荷重-----考慮可能
 - ・鉛直荷重&水平荷重



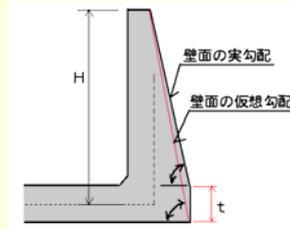
1. 左右均等の水路上面荷重については、「鉛直荷重」及び「アーム長のY」のみ入力します。
2. 偏土圧が生じる場合は、「鉛直荷重」「水平荷重」及び「アーム長X・Y」の指定が可能。
3. 上面荷重の値は、m単位における荷重(KN)を入力します。

2.側壁のコロビ角（実勾配）

- 壁面のコロビ角について、壁面の傾斜を「実勾配」で計算する場合と「仮想勾配（壁高+底版厚）」で計算する場合の何れかの選択が可能。

部材検討の場合「側壁を垂直と見なす」考えもある。「水路工」P337

- 本来、側壁が土とコンクリートの関係とすれば土圧は、側壁高+底版高に作用すると考え、この場合、コロビ角は仮想勾配の方が現実的と思われる。実勾配は側壁のコロビ角ではあるが、底版部については、通常90度（底版上面迄）となる。



その他

- 側壁傾斜角を実勾配で計算
- 受働土圧計算時の δ を入力する
- δ を道路橋示方書に準じて計算
- 仮想背面で計算時 $\theta=90^\circ$ とする

計算過程参考値

側壁傾斜角(°)

$\theta_L = 90.000$ $\theta_R = 90.000$

安定計算用土圧定数(°)

＝常時＝ 参考

$\delta_L = 30.000$ $\delta_R = 30.000$

＝地震時＝ $\theta_0 = 8.531$

$\delta_L = 15.000$ $\delta_R = 15.000$

3.滑働検討時の反力と壁面摩擦角 δ

- 滑働の検討において安全率を満足しない場合は反力を考慮してもよいが、その反力は「受働土圧の範囲内」としています。
※但し、受働土圧以内との解釈から受働土圧をMaxとする考え方もある。
- 受働土圧を算出する際の壁面摩擦角 (δ) について「ため池整備の計算例」では主働土圧の壁面摩擦角を採用しています。
また、道路土工は、受働土圧について期待できないとして $\delta=0$ としています。(但し直壁)
よって本システムでは、滑働の検討においてタブ「その他」の入力画面で「壁面摩擦角 (δ)」について入力指定可能としています。

滑動に対する検討

底板 ϕ の取り扱い

- 右の内部摩擦角
- 左の内部摩擦角
- 左右の平均値

底面と地盤との摩擦係数

- $\tan \phi$ $\tan(2/3 \phi)$
- 0.70
- 任意 $f = 0.577$

受働土圧を期待できる

- 左側壁
- 右側壁

その他

- 受働土圧計算時の δ を手入力

$\delta_L = 12.50$ $\delta_R = 15.00$
 $\delta_{Le} = 12.50$ $\delta_{Re} = 15.00$

- 側壁傾斜角を実勾配で計算
- 仮想背面で計算時 $\theta=90^\circ$ とする

δ の算出方法

- δ を「水路工」P.216に準じて計算
- δ を「道路橋示方書」に準じて計算
- δ を考慮しない($\delta=0$ とする)

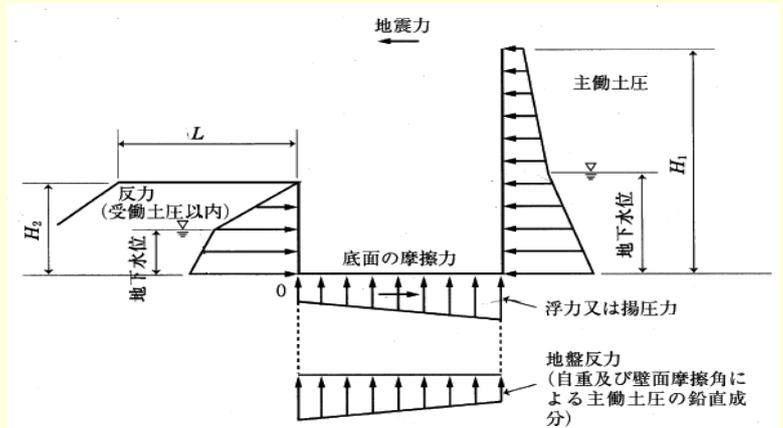


図-7.7.4 偏土圧の生じるフルーム水路の荷重状態

(参考)土地改良事業計画設計基準設計「水路工」平成13年2月版 P.215 P.216 表-7.1.4

§ 壁面摩擦角(クーロン土圧)

壁面摩擦角 δ の値は、過去の実験結果を参考にすると、擁壁などの場合、常時においては $1/2 \phi \leq \delta \leq 2/3 \phi$ 、地震時においては、 $0 \leq \delta \leq 1/2 \phi$ とされていますが、一般の設計の際には、以下の表の値を用いるものとし、壁面摩擦角の値は水中にあっても変化しないものとします。さらに、フルームの場合、壁面摩擦角は側壁の傾斜 n 及び ϕ 長出しの有無により次のようになります。

計算の種類	安定計算		部材計算	
	土と土		土とコンクリート	
摩擦角の種類	土と土		土とコンクリート	
計算基準	水路工	道路橋	水路工	道路橋
壁面摩擦角	常時	$\phi * 1$	$2/3 \phi$	$1/3 \phi$
	地震時	$1/2 \phi$	$1/2 \phi$	0

常時

$n < 0.1$ かつ $T_B < 0.10m$ } $\delta = 2/3 \phi$

$n \geq 0.1$ 又は $T_B \geq 0.10m$ } $\delta = \phi$

※ 上 上記「常時」に従い δ を変更。

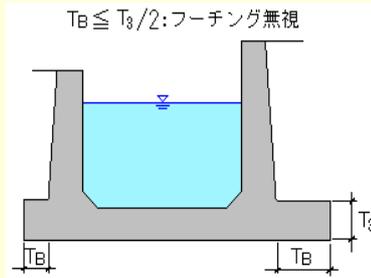
基本データページ内「その他」の「 δ を道路橋示方書に準じて計算」にチェックがある場合には、上記「道路橋」の内容で δ を算出します。
 チェックがない場合には、「水路工」の内容で δ を算出します。

本システムでは、これらの条件を考慮し、壁面摩擦角 δ を自動で算出するようにしています。

閉じる(C)

4. 浮上の検討

1. 浮上の計算後、安全率を満足しない場合は必要フーチング長を自動計算します。計算値を確認して必要幅を「確定フーチング幅」に入力しますが、偏土圧の場合は、左右のフーチング幅の入力が可能です。尚、側壁が左右均等の場合は、確定フーチング長に対して再度「安全率」の照査が可能です。



フーチング幅の算出	
参考フーチング幅 (mm)	
右側 T _{BR} =	98
左側 T _{BL} =	118
確定フーチング幅 (mm)	
右側 T _{BR} =	100
左側 T _{BL} =	120
<input checked="" type="checkbox"/> 安全率による判定を行う。	

2. フーチング長が $T_B \leq T_3/2$ の場合、フーチングを無視して計算を行います。

必要フーチング長

i 必要フーチング長 $T_B = (FS \cdot P \cdot L - \Sigma V - PV) / (2(T_3(y_{sc} - FS \cdot yW) + y_t \cdot H_2 + y_{ws} \cdot H_3))$

$FS \cdot P \cdot L = 1.200 \times 14.700 \times 4.000 = 70.560$

$T_3(y_{sc} - FS \cdot yW) = 0.300 \times (24.500 - 1.200 \times 9.800) = 3.822$

$y_t \cdot H_2 + y_{ws} \cdot H_3 = 18.000 \times 0.800 + 10.000 \times 1.200 = 26.400$

$T_B = (70.560 - 59.146 - 5.735) / (2 \times (3.822 + 26.400)) = 0.094(\text{m})$

ここでのフーチング長は、フーチング上の土砂重量を考慮した場合の長さであるため、フーチング長が0.1mに満たない場合は、0.1mとする。

OK

浮上に対する重量の組合せ

	(kN/m)
躯体重量(必須)	54.881
<input type="checkbox"/> 水路の内水重量	0.000
<input checked="" type="checkbox"/> 水路上面荷重	5.000
合計重量	59.881
土圧の壁面摩擦による鉛直荷重 P _v	6.547

安全率の計算

59.881 + 6.547 = 66.428 < 1.200

必要フーチング長の算出詳細

フーチング上の土砂重量を常に考慮。

5. 設計水平震度

水路安定データ

地震時基本条件

地震時を考慮する

地震係数

K_h = 0.200 参照土地改良...

K_v = 0.000

土圧係数

$\theta_0 = 11.310 (^{\circ})$

$\delta_R = 15.000$ $\delta_L = 15.000$

K_{AR} = 0.460 K_{AL} = 0.465

K_{PR} = 4.010 K_{PL} = 3.947

設計水平震度

検討手紙があり、開水路の女王柱を計画します。

耐震設計の基本方針 (参考 土地改良設計基準「水路工」P379:一部抜粋)

①施設の供用期間内に1~2度発生する確率を持つ大きさの地震動を**レベル1地震動**とする。

②施設の供用期間内に発生する確率は低いが、極めて大きな破壊力のある地震動を**レベル2地震動**とする。これは、・・・プレートの運動が原因となる**プレート境界型地震(タイプI)**と・・・内陸直下型地震(タイプII)に区分される。

③施設の重要度区分に応じた**地震動レベル**と、目標とする耐震性能により耐震設計を行う。

構造物に対する耐震設計 (参考 土地改良設計基準「水路工」P383:一部抜粋、開水路の耐震設計について)

開水路における耐震設計は、**安定計算**においては、p.315において「・・・常時・レベル1地震動に対す

地域別補正係数

地域区分 A B C

補正係数 C_z = 1.00

設計水平震度標準値

地盤種別 I種 II種 III種

標準値 K_{h0} = 0.18

設計水平震度 K_h = 0.18

印刷プレビュー... 開じる(O) キャンセル

1. 「水路工」の設計水平震度の標準値は、表-7.11.10 (P391)に記載されていますが、この値は「耐震設計の手引き」の表-6.4.1 (P345)及び「道路土工(擁壁工指針)」の解表5-1 (P96)の値とも同等です。
2. 地震時検討時の「計算書」の出力は、設計水平震度算出画面を起動、その画面内の「印刷プレビュー」画面内から印刷出力を行う。

6.基礎地盤支持力の検討

1. 水路の形状や荷重状態（偏土圧）によっては、偏心距離（ e ）が、「中央より1/3以外」に発生する場合があります。この様な場合は、「 $q = 4/3 (\Sigma V / (L - 2e))$ 」で求めます。

また、右図（右）の地盤反力がゼロになる点は計算式 $3(L/2 - e)$ で求め、その間の q は比例配分（三角比）で求めます。

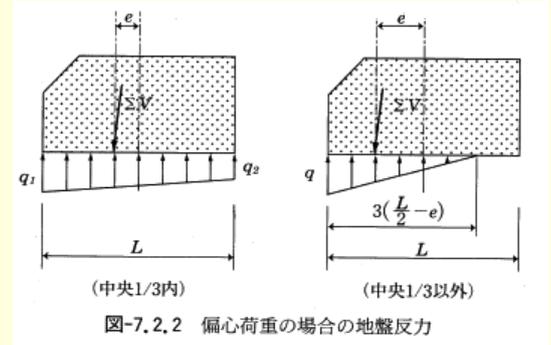
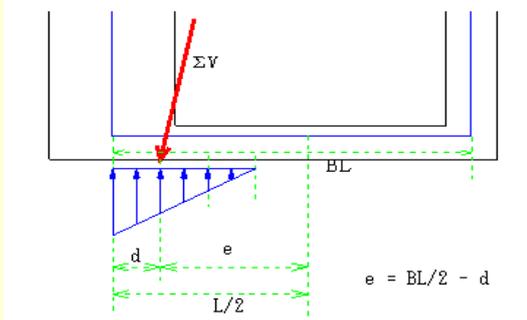


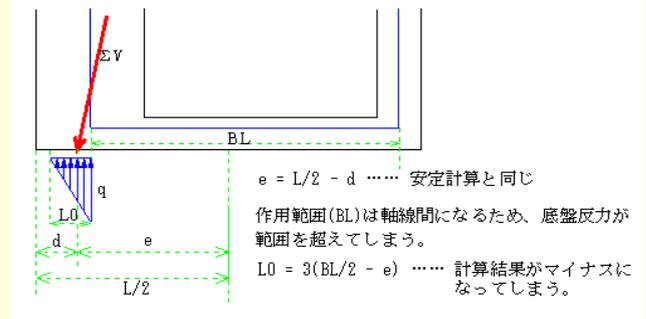
図-7.2.2 偏心荷重の場合の地盤反力

2. 偏心距離（ e ）が、「中央より1/3以外」に発生し、さらに軸線よりも外側へ偏心位置がある場合、部材断面計算では、現在その計算手法が不明確なため本システムでは計算不能としてメッセージが表示されます。

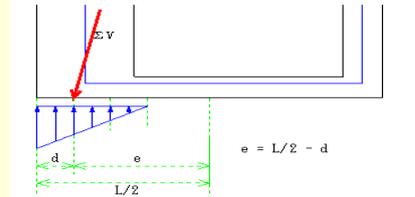
軸線間で偏心距離を計算した場合。



底盤幅で偏心距離を計算した場合。（構造計算）



底盤幅で偏心距離を計算した場合。（安定計算の場合）

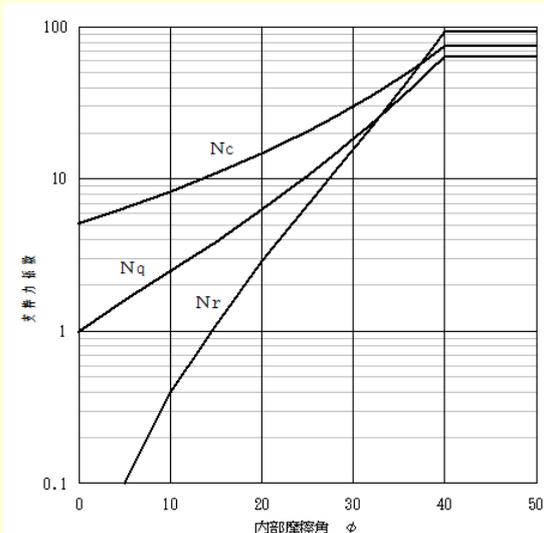


3. 上記2の考えについて「安定計算」時は、作用幅を全幅としているため発生致しません。また、部材断面計算時でフーチングがある場合も全幅としているため発生しません。

7.基礎地盤支持力の計算（適用基準変更）

許容地盤支持力の計算は、「水路工（H26/3）」では、基礎荷重が傾斜を有する場合は、荷重の偏心量（ e ）を考慮した計算（P319）および基礎の寸法による補正（ η ）を考慮する（P317）としていますが、 η は常時の場合で傾斜・偏心を伴わない場合に適用されます。

「支持力係数の読み取りグラフ」



ファイル(F)

基礎地盤の支持力計算

算出方法
 常時 (旧: 長期式)
 地震時 (旧: 短期式)

許容支持力の計算用途
 通常計算
 地盤反力からの逆算

基礎荷重面の形状
 連続 長方形
 正方形 円形

長方形の長さ
 短辺 B: 3.300 (m)
 長辺 L: 0.000 (m)

その他の寸法
 基礎荷重面の最小幅 B: 3.300 (m)
 補正係数 η を考慮する。

最低地盤面からの根入れ深さ Df: 1.700 (m)

土質係数
 地盤の粘着力 c: 0.000 (kN/m²)
 土の内部摩擦角 ϕ : 30.000 (度)
 基礎荷重面下の単位体積重量 γ_1 : 18.000 (kN/m³)
 " 以上の単位体積重量 γ_2 : 18.000 (kN/m³)

支持力係数
 自動計算
 Nc: 30.100 Nr: 15.700 Nq: 18.400

計算結果
 許容支持力 q_a : 189.555 (kN/m²)
 支持力に必要なN値: []

偏心補正
 水平荷重 H: 27.799 (kN)
 鉛直荷重 V: 134.622 (kN)
 基礎底面の摩擦係数 μ : 0.577
 偏心距離 e: 0.304 (m)

逆算の条件
 最大地盤反力 q_{max} : 41.091 (kN/m²)
 N値を求める
 N値の算出式: []

入力データ印刷... 上書き保存 OK
 計算書印刷... キャンセル

8. 動水圧について

- 地震時動水圧は、躯体の慣性力の方向に一致させ吸引側の動水圧も考慮し、それぞれの壁に作用させてとしています。慣性力：右→左(+) 左→右(-) 求める基本式は下記の通り。

$$P_{ew} = \frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

$$H_{ew} = \frac{2}{5} H$$

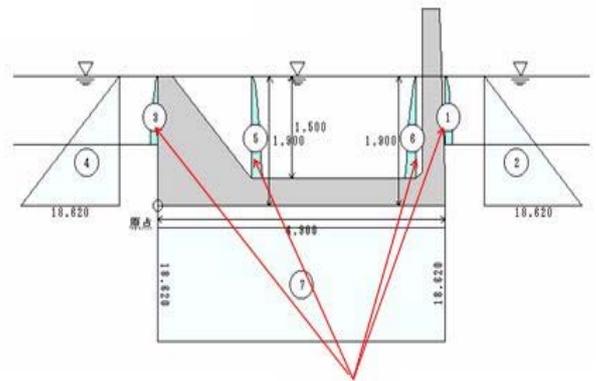
ここに、 P_w ：構造物に作用する全地震時動水圧 (kN)

K_h ：設計水平震度

γ_w ：水の単位体積重量 (kN/m³)

H：水深 (m)

H_w ：水路底面から地震時動水圧の合力作用点までの深さ (m)



動水圧

$$\begin{aligned} P_{ew} &= \frac{2}{3} B_h \cdot h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\gamma_w n}{\sqrt{a}} \cdot h \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^{1.5}}{\sqrt{H}} \cdot B_h \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^{1.5}}{\sqrt{H}} \cdot \frac{7}{8} K_h \cdot \gamma_w \cdot H \\ &= \frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H} \cdot h^{1.5} \end{aligned}$$

ここに、 P_w ：照査位置における地震時動水圧 (kN)

h：水面からの深さ (照査位置) (m)

B_h ：照査位置 h における動水圧強度 (kN/m²)

a：放物線係数

- 安定計算では上記基準式でよいが、部材検討では断面照査位置が変化するので、上記式の「 H_{ew} 」の公式が、放物線の図心の式と同等であることから右式を導き、照査位置hにおける地震時動水圧を求める公式としています。

9. 荷重組合わせの設定

構造計算を行う		荷重組合わせ				
項目	ケース1	① ケース2	ケース3	満水時	任意2	
検討の有無	必要	不要	必要	必要	必要	
計算種別	常時	常時	地震時	両方	地震時	
自重	<input type="radio"/>					
土圧(曇潤状態)	<input type="radio"/>					
土圧(飽和状態)	<input type="radio"/>					
盛土荷重	<input type="radio"/>					
自動車荷重	<input type="radio"/>					
観音荷重	<input type="radio"/>					

荷重ケース名称設定

荷重名称を入力して下さい。

満水時

OK キャンセル

荷重ケース1&3 場合の充滿水の考え方

- 水位0-----内水位考慮しない
- 水位有り--充滿水を適用

- 「構造計算を行う」に先ずチェックマーク

部材断面の検討を行う場合は、先ずタグ「荷重ケース」の入力画面の左上にある「構造計算を行う」にチェックマークします。チェックマーク後、入力指定やタグ「構造計算」が表示されます。

- 「検討の有無」を先ず確認

部材断面検討時の荷重組合わせの初期設定では、「水路工」規定の「荷重ケース I・III」を標準設定していますが、それ以外の荷重ケース「II」および「任意」については、個別に設定します。

- 新規「荷重ケースの設定」

新規荷重ケースを設定する場合は、「検討の有無」で「不要」と表示されている項目にカーソルを置き、クリックして「必要」に切り替えて「荷重検討ケース」を追加する事が可能です。

操作は、クリックする毎に「不要」⇔「必要」が切り替わります。

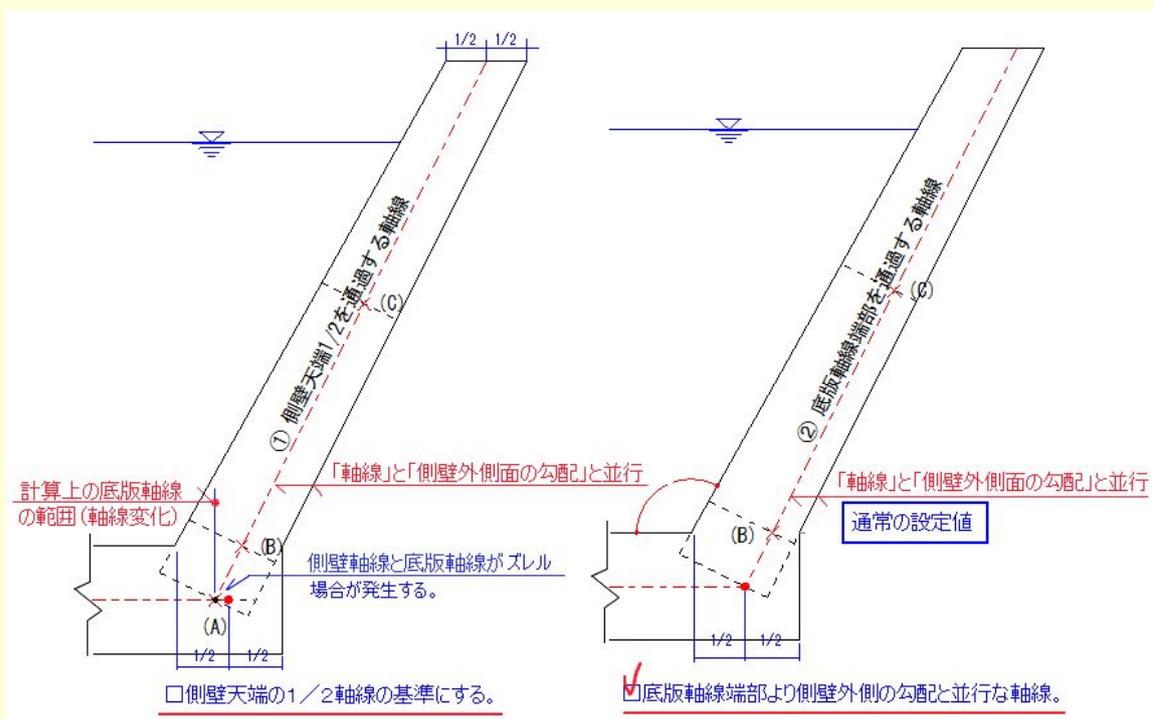
また、「計算種別」の項目をクリックする事で「常時」→「地震時」→「両方 (常時+地震時)」の検討の指定が可能です。

10.部材検討時の条件設定

ケース2or3の内水位について、右側ボタンより詳細をご確認ください。

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> 地震時に載荷重を考慮する。(盛土荷重は、常に考慮。) | <input checked="" type="checkbox"/> フーチングの長さに関わらず考慮する。 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 側壁外側を垂直と仮定して土圧係数を算出する。 | <input checked="" type="checkbox"/> フーチング上の土砂を自重に含めない。 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 内部摩擦角 δ を算出する際にフーチング長を考慮する。 | <input checked="" type="checkbox"/> 側壁天端の1/2を軸線の基準にする。 |
| | <input checked="" type="checkbox"/> 側壁自重による曲げモーメントを考慮。 |

- 側壁外側を垂直と仮定して土圧係数を算出する。とは、側壁外側のコロビを無視して主働土圧の計算を行います。その際、壁背面と土との壁面摩擦角 δ の値も見直します。また、荷重ケースⅢにおいては、内部摩擦角 30° を上限 (P341) とした際の土圧係数にも影響を与えます。
- 内部摩擦角 δ を考慮する場合にフーチング長を考慮する。とは、内部摩擦角 (δ) について、常時の場合、構造計算時は「 $\delta=2/3\phi$ 」としますが、フーチングを考慮した場合にフーチング上の土砂は、躯体と同一と見なされる為、壁面摩擦は「土と土」に生じるとも考えられます。よってチェックマークした場合、 $\delta=\phi$ となります。但し、フーチング長が「 $T_B \leq T_3/2$ 」の場合は無視 (P342) される事になります。
- フーチングの長さに関わらず考慮する。とは、フーチング長が「 $T_B \leq T_3/2$ 」の場合でもその上の土砂を考慮します。また、フーチング上の土砂を自重に含めない。とは、自重にフーチング上の土砂は考慮 (含めない) しないで、フーチングのみに作用する土砂重量として考えます。
- 側壁天端の1/2を軸線の基準とする。とは、水路形状が扇形の場合に計算断面を天端の1/2を基準とする考え方です (次ページ参照)。また、側壁自重による曲げモーメントを考慮。とは、同様に扇形水路の場合で、側壁が外側に大きくコロビ時にそのモーメントを無視できない場合にチェックマークします。(農政局の回答では、無視して良い)
- 扇形水路の軸線の考え方



11 部材断面のせん断応力度について

1.せん断応力度の照査において「水路工 (P333)」と「道路土工 (擁壁工指針P79)」のコンクリートの許容せん断応力度が異なります。これは、水路工では「最大せん断応力度 (τ_1)」であり道路土工は「平均せん断応力度 (τ_m)」となります。

28日設計基準強度 σ_{ck}	18	21	24	30	40以上
曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	7.00	8.00	9.00	11.00	14.00
せん断応力度 τ_{a1}	0.40	0.42	0.45	0.50	0.55
付着応力度 τ_{oa}	1.40	1.50	1.60	1.80	2.00

※せん断応力度は、「斜め引張鉄筋の計算をしない場合」の「梁の場合」の値を採用
 ※付着応力度は、「異形鉄筋」の値を採用

土地改良事業計画設計基準、設計「水路工」P.333 より

28日設計基準強度 σ_{ck}	21	24	27	30	40
曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	7.00	8.00	9.00	10.00	14.00
せん断応力度 τ_{a1}	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27
付着応力度 τ_{oa}	1.40	1.60	1.70	1.80	2.00

※せん断応力度は、「コンクリートのみでせん断力を負担する場合」の値を採用
 ※付着応力度は、「異形棒鋼に対して」の値を採用
 ※道路土工では、せん断力に対する照査は、「平均せん断応力」であり、本システムは「最大せん断応力」でのみ計算可能なため上表は参考程度に捉えてください。

道路土工「擁壁工指針」H24.7 P.79 表4-3より せん断応力度の計算は、P.144

部材条件

部材

鉄筋コンクリート
 無筋コンクリート

コンクリート許容応力度 (N/mm²)

土地改... 道路土... 標準...

設計基準強度 σ_{ck} = 21

地震時の許容値は常時の1.5倍

	[常時]	[地震時]
曲げ圧縮	8.00	12.00
曲げ引張	0.00	0.00
せん断応力度	0.42	0.63
付着応力度	1.50	2.25

鉄筋許容応力度 (N/mm²)

土地改... 道路土... 標準...

引張降伏強度 f_{yd} = 295.0

地震時の許容値は常時の1.5倍

	[常時]	[地震時]
引張応力度	176.0	264.0
圧縮応力度	176.0	264.0

2.最大せん断応力 (水路工) と平均せん断応力 (道路土工) の違い

- ・最大せん断応力 : $\tau = S / (b \cdot j \cdot d)$
- ・平均せん断応力 : $\tau_m = Sh / (b \cdot d)$

ここで、式の違いは j (部材厚と有効高を乗じた面積に対する平均的な応力度 $j = 1 - (k/3)$) 有無ですが、この j は理論上「 $j = 1/1.15$ (0.87)」に近い値なので、この係数を考慮した許容せん断応力度を用いる事で「最大せん断応力」の代わりに「平均せん断応力」で照査を行うようにしています。つまり、簡素化した式になります。

<例：評価方法：コンクリートの設計基準強度24の場合>

水路工P333 (表-7.9.2) のコンクリート強度24の許容せん断応力度「せん断応力0.45 (最大せん断)」に対しP293 (表-7.8.9) のコンクリート強度24の「平均せん断応力0.39」(この値は旧道路土工P49と同等) としていますが、これは「 $0.45 \times 0.87 = 0.39$ 」の関係となります。

応力度の種類		コンクリートの設計基準強度			
		21 (210)	24 (240)	27 (270)	30 (300)
圧縮応力度	曲げ圧縮応力度	7 (70)	8 (80)	9 (90)	10 (100)
	軸圧縮応力度	5.5 (55)	6.5 (65)	7.5 (75)	8.5 (85)
せん断応力度	コンクリートのみでせん断力を負担する場合	0.36 (3.6)	0.39 (3.9)	0.42 (4.2)	0.45 (4.5)
	斜引張鉄筋と協同して負担する場合	1.6 (16)	1.7 (17)	1.8 (18)	1.9 (19)
	押抜きせん断応力度	0.85 (8.5)	0.9 (9.0)	0.95 (9.5)	1.0 (10)
付着応力度	異形棒鋼に対して	1.4 (14)	1.6 (16)	1.7 (17)	1.8 (18)

ちなみに、道路土工指針 (27/4版) では、旧基準に比べて許容せん断応力度が、さらに小さくなっています。例えば「コンクリート強度24→旧基準では0.39、新基準では0.23 (前頁)」これは、道路橋示方書 (H24/3) P157と同等ですが、P176の表5.2.1の値に対して安全率1.5 (P161に記載) が考慮されているため、 $0.35/1.5 = 0.23$ としています。但し、このことは「道路土工」及び「道路橋示方書」とも、許容せん断応力度に対し割増し (補正) を考慮できるようにしている点が旧考えと異なる点になります (せん断スパン比等)。

12. 応力度の照査

1. 配筋方法

- ・単鉄筋
- ・複鉄筋

2. 計算方法

- ・単鉄筋
- ・複鉄筋

水路工では単鉄筋計算としている。

3. 主鉄筋の最小鉄筋量は500mm²/mとしているので、標準ピッチ250mmではD13以上となる。水路工P309

4. 鉄筋のかぶり

- D19 以下 60mm
- D22 以上 70mm
- 但し T ≥ 300mm は 70mm

5. 必要鉄筋量の計算

- ・「応力法」：一般的に用いられている方法で、鉄筋量を計算する際、中立軸の位置をコンクリートの圧縮応力と鉄筋の引張り応力が釣り合う位置を仮定して必要鉄筋量を計算する手法です。
- ・「断面算定法」：中立軸の算出は実際には、鉄筋の断面積とコンクリートの断面積の比で変化することから、それらの断面積の変化による中立軸の位置を追跡し必要鉄筋量を算出する手法です。
- ・「応力法」で求めた鉄筋量で応力計算を行うと比較的余裕を持った結果となりますが、「断面算定法」で求めた鉄筋量で応力を求めると、鉄筋の許容値に近い値が求まる傾向にあります。

	位置(m)	最大値	0.000	0.300	1.844	3.600
曲げモーメント(kN・m)	38.11	-7.63	-12.48	-26.65	29.35	
せん断力(kN)	40.11	-22.41	-17.59	0.00	34.08	
内側必要鉄筋量(mm ²)	610.40	155.08	285.99	610.40	116.83	
内側必要周長(mm)	64.30	51.61	44.32	0.00	64.30	
外側必要鉄筋量(mm ²)	676.40	54.13	0.00	0.00	448.15	
外側必要周長(mm)	101.08	39.20	0.00	0.00	85.87	

呼び径	公称断面積(mm ²)	公称周長(mm)	必要本数	ピッチ(mm)	総断面積(mm ²)	総周長(mm)
D6	31.67	20	4.0	250	126.7	80.0
D10	71.33	30	4.0	250	285.3	120.0
D13	126.70	40	4.0	250	506.8	160.0
D16	198.60	50	4.0	250	794.4	200.0
D19	286.50	60	4.0	250	1,146.0	240.0
D22	387.10	70	2.0	500	774.2	140.0
D25	506.70	80	2.0	500	1,013.4	160.0
D29	642.40	90	1.4	750	899.4	126.0

13. 計算書 Word 変換

1. 計算書を Word 変換する方法には2つの手法があります。

- ・RTF 変換
- ・Word マクロ変換

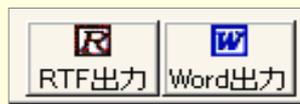
2. RTF 変換

リッチテキストファイル変換印刷プレビュー画面から計算書を先ずRTFファイルへ変換しWord文書で保存します。変換が短時間で処理されます。

3. Word マクロ変換

Wordのマクロ言語を使用して変換します。変換に時間が掛かりますので、RTF変換で処理するようにして下さい。

計算書の Word 変換は「RTF 出力」で変換



「水路設計計算システム」 Ver5.0 の主な操作画面 (ダイジェスト版)

1. 起動画面とその概要

プログラム起動時のデータ入力画面。



<単位重量テーブルと引用>

参考) 単位体積重量表

土地改良基準 道路土工基準

(参考) 土地改良事業計画設計基準設計「水路工」平成13年2月版 表-7.1.1 単位体積重量表 [kN/m³]

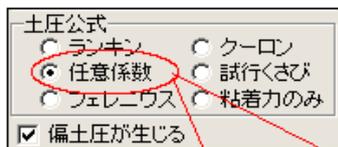
材料	単位体積重量	材料	単位体積重量
鋼、鋳鋼	77.0	プレストコンクリート	24.5
鋳鉄	71.0	花こう岩	27.0
アルミニウム合板	27.5	砂岩	26.0
鉄筋コンクリート	24.5	土砂(乾燥土)	16.0
無筋コンクリート	23.0	土砂(湿潤土)	18.0
モルタル	21.0	土砂(飽和土)	20.0
アスファルト(防水用)	11.0	土砂(水中土)	10.0
アスファルトコンクリート舗装	22.5	水	9.8
コンクリートブロック積積	22.5		
コンクリートブロック空積	19.5		

基準書標準値 単位: [kN/m³]

フルームの単位体積重量	24.50	土の水中単位体積重量	10.00
土の湿潤単位体積重量	18.00	水の単位体積重量	9.80

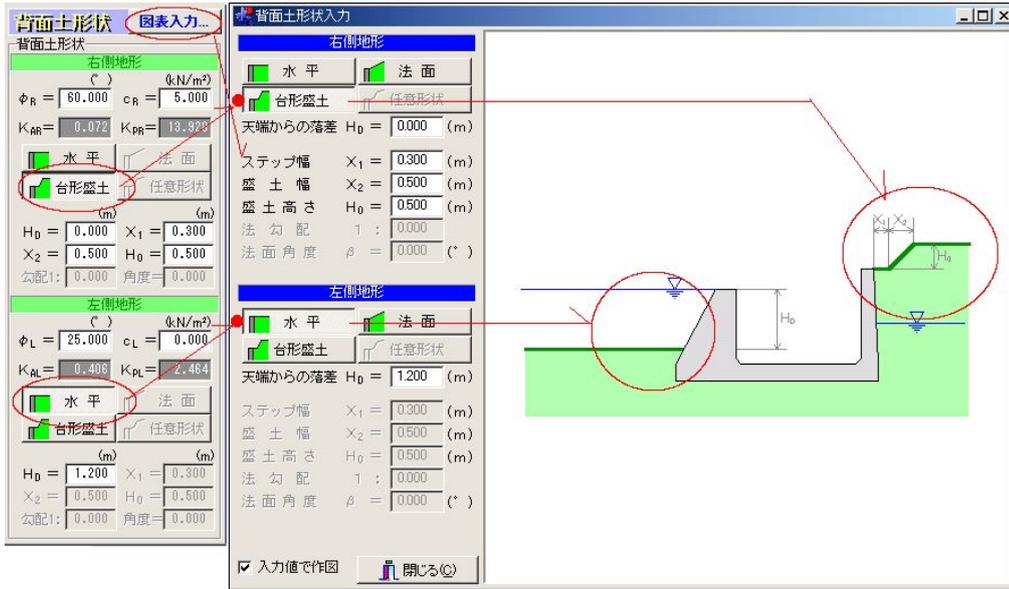
上記値を採用します。

<土圧公式の選択>

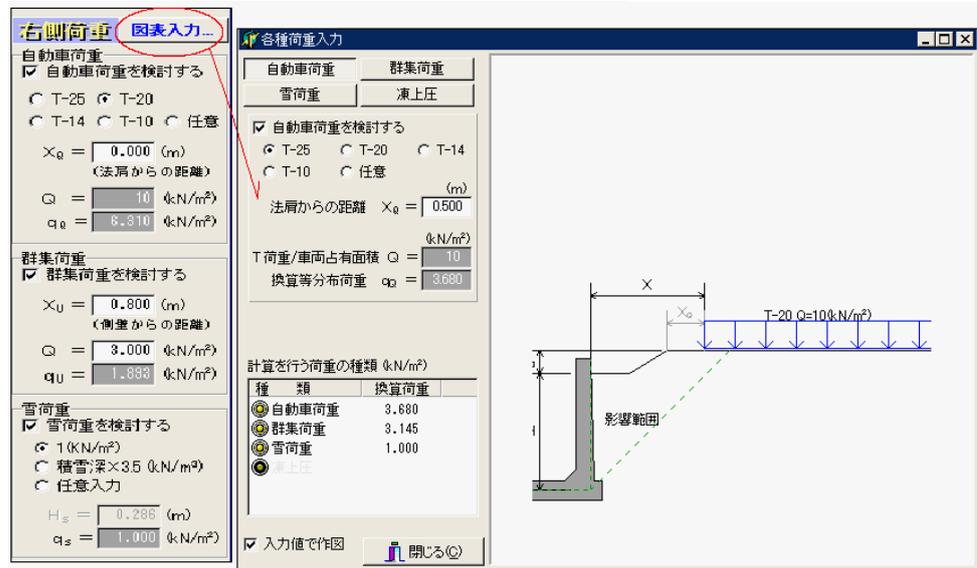


<断面寸法入力画面>

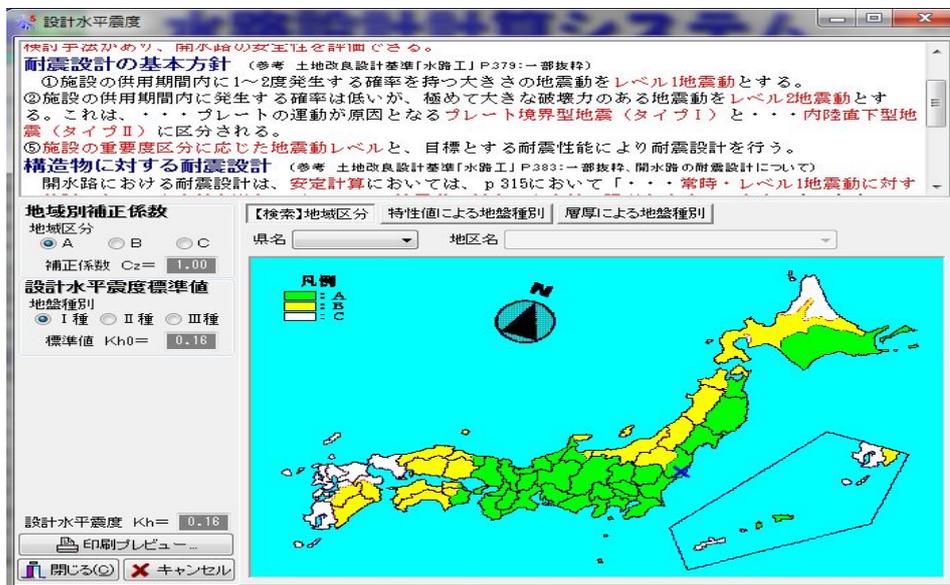
<背面土形状の入力画面>



<上載荷重の入力画面>



<設計水平震度の算出画面>



<水路上面荷重の設定>

「水路上面荷重」を考慮したい場合は、各種上面荷重を一覧表にて登録し、その後「安定計算」や「部材断面計算」時に指定した上面荷重を読み込み可能です。

NO	名称	鉛直荷重 (kN)	水平荷重 (kN)	アーム長(m)		水平震度の影響を考慮
				X	Y	
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m×0.5m×1.0m×25.4kN/m ³)	44.100	0.000	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/> ON
2	蓋版上面への後輪荷重T-14(後輪荷重)	55.000	0.000	0.000	0.000	<input type="checkbox"/> OFF
3						<input type="checkbox"/> OFF
4						<input type="checkbox"/> OFF
5						<input type="checkbox"/> OFF

荷重項目の並び替え (↑ ↓ ボタン)
 荷重項目毎の削除 (ゴミ箱ボタン)
 荷重項目の全削除 (ゴミ箱ボタン)

1) 安定計算時「常時・地震時」の水路上面荷重の設定

「水路上面荷重」を考慮する場合は、「水路上面荷重」(下図①)にチェックマークすると水路上面荷重の「水路上面荷重の組み合わせ設定 (一覧表: タブ「その他」で設定した上面荷重)」が表示されます。この一覧表より適用したい上面荷重項目を「ON/OFF」でチェックマークします。チェックマークされた上面荷重の項目の合計値「荷重合計値とアーム長 (重心位置を計算)」が、安定計算 (ここでは浮上に対する検討) に適用されます。鉛直荷重において右上の④の項目に水平荷重がある場合は、水平荷重とアーム長が左下の④の項目に表示されます。

尚、一度チェックマークした後に再度設定する場合は、右に配置されている「電卓」ボタン②をクリックすると、「水路上面荷重の組み合わせ設定」画面が表示されます。

浮上に対する検討

荷重の組合せ(kN/m²)

	左側	右側
盛土荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input type="checkbox"/> 0.000
自動車荷重	<input type="checkbox"/> 10.000	<input type="checkbox"/> 10.000
群集荷重	<input type="checkbox"/> 3.000	<input type="checkbox"/> 0.000
雪荷重	<input type="checkbox"/> 1.000	<input type="checkbox"/> 1.000
任意荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input type="checkbox"/> 0.000
合計荷重	0.000	0.000

※ 雪荷重において自動車荷重との組合せ時は、1.0kN/mを見込む。

④ 水平荷重 X位置 Y位置
 上面荷重 1.600 1.290 2.200

開じる(C) 推奨設定...

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 55.200 (^{\circ})$
 土くさび重量 $W = 15.470$
 正弦定理での係数 = 0.432
 右側主働土圧 $P_A = 6.691$
 右側鉛直成分 $P_{AV} = 3.834$
 すべり面の角度 $\omega = 1.110 (^{\circ})$

浮上に対する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量(必須) 46.305
 ① 水路の内水重量 ② 0.000
 ③ 水路上面荷重 ④ 20.000
 合計重量 66.305
 土圧の壁面摩擦による鉛直荷重 $P_V = 2.099$

水路上面荷重の組み合わせ設定

NO	名称	鉛直荷重 (kN)	水平荷重 (kN)	アーム長(m)		ON/OFF
				X	Y	
1	計算条件1	10.000	0.000	1.290	0.000	<input checked="" type="checkbox"/> ON
2	計算条件2	10.000	1.600	1.290	2.200	<input checked="" type="checkbox"/> ON
3	荷重ケース1,Case3	10.000	1.600	1.200	2.200	<input type="checkbox"/> OFF
合計(採用値)		20.000	1.600	1.290	2.200	

OK キャンセル

2) 部材断面検討時の水路上面荷重の設定

部材断面計算で、上面荷重を考慮する場合は、荷重ケース毎の「水路上面荷重」の項目にカーソルを置いてクリックすると「水路上面荷重の組み合わせ設定」画面が表示されます。(下図)
 この画面上には、タブ「その他」で入力した上面荷重の一覧が表示されますので、当該ケースに適用したい上面荷重を確認して「ON/OFF+常時・地震」の項目にチェックマークすると上面荷重が適用されます。
 複数の上面荷重を指定した場合は、その合計荷重が「合計値 (採用値)」の項目に計算表示されます。

水路上面荷重の組み合わせ設定

NO	名称	鉛直荷重 (kN)	水平荷重 (kN)		アーム長 (m)		ON/OFF	
			常時	地震時	X	Y	常時	地震時
1	コンクリートの蓋版荷重(3.6m×)	44.100	0.000	7.056	1.950	2.550	<input checked="" type="checkbox"/> ON	<input checked="" type="checkbox"/> ON
2	蓋版上面への後輪荷重(3.6m×)	55.000	0.000	8.800	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> OFF
3	コンクリート構造物(2.5m×1.0m)	95.250	20.000	35.240	1.000	2.800	<input checked="" type="checkbox"/> ON	<input checked="" type="checkbox"/> ON
合計(採用値)		194.350 139.350	20.000	42.296	0.933 1.301	2.800 2.758	常時	地震時

荷重組み合わせの項目では鉛直荷重が表示される。
 適用したい項目(常時・地震時)をチェックした合計荷重+アーム長(重心)が集計される。
 ※地震時の水平荷重は「入力された水平荷重+地震時の水平荷重」となる。

OK キャンセル

水路上面荷重の指定 (チェックマーク) をして「OK」ボタンをクリックすると、「荷重組み合わせ」の「荷重ケース」の「水路上面荷重」の項目に適用値が上下2段書きで (上側: 常時、下側: 地震時) 表示されます。常時のみの場合は、中央に一行のみ表示されます。

尚、「水路上面荷重」は、荷重ケース毎に指定を行います。

<安定計算の入力画面>

水路計算例 (左右非対称で背面土差有り)

常時・地震時共通

安全率 $F_s = 1.200$

推奨設定 荷重組合の変更

フーチング幅の算出

参考フーチング幅 (mm)

右側 $T_{88} =$ 不要

左側 $T_{88} =$ 不要

確定フーチング幅 (mm)

右側 $T_{88} = 300$

左側 $T_{88} = 300$

安全率による判定を行う。

滑動に対する検討

底版φの取扱い

右の内側摩擦角

左の内側摩擦角

左右の平均値

底面と地盤との摩擦係数

$\tan \phi = \tan(2/3 \phi)$

0.70

任意 $f = 0.577$

受働土圧を期待できる

左側壁 右側壁

基本データ その他 安定計算 荷重ケース 構造計算

常時

地盤支持力の検討

地盤支持力の検討を行う

推奨設定 荷重組合の変更

許容支持力の計算

地盤支持力の検討結果

$q_a = 200.000$ (kN/m²)

$q_{max} = 37.233$ (kN/m²)

判定: **OK**

ブロック図確認

浮力(フーチング設置前)

浮力(フーチング設置後)

浮上検討時

地盤支持力検討

転倒検討時

滑動検討時

地震時

地盤支持力の検討

地盤支持力の検討を行う

許容支持力の値を常時の1/50にする。

推奨設定 荷重組合の変更

許容支持力の計算

地盤支持力の検討結果

$q_a = 250.000$ (kN/m²)

滑動に対する検討を行う

転倒に対する検討

安全率 $F_s = 1.500$

推奨設定 荷重組合の変更

滑動に対する検討の結果

$R_H = 40.715$ (kN/m)

$\Sigma H = 13.870$ (kN/m)

反力: (kN/m)

判定: **OK**

浮上に対する検討

荷重の組合せ(kN/m²)

左側 右側

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 53.798$ (°)

土くさび重量 $W = 27.921$

正弦定理での係数 = 0.412

右側主働土圧 $P_A = 11.493$

右側鉛直成分 $P_{AV} = 6.588$

すべり面の角度 $\omega = 1.118$ (°)

土くさび重量 $W = 163.370$

正弦定理での係数 = 0.029

左側主働土圧 $P_A = 3.293$

左側鉛直成分 $P_{AV} = 0.362$

合計荷重 0.000 10.000

任意荷重 0.000 0.000

合計重量 0.000 10.000

任意重量 0.000 0.000

雪荷重 1.000 1.000

上面荷重 1.600 1.200 2.200

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 55.200$ (°)

土くさび重量 $W = 15.470$

正弦定理での係数 = 0.432

右側主働土圧 $P_A = 6.691$

右側鉛直成分 $P_{AV} = 3.834$

すべり面の角度 $\omega = 1.118$ (°)

土くさび重量 $W = 164.140$

正弦定理での係数 = 0.020

左側主働土圧 $P_A = 3.296$

左側鉛直成分 $P_{AV} = 0.363$

浮上に対する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量(必須) 46.305

フーチング重量(必須) 4.410

フーチング上土砂重量 14.948

水路の内水重量 13.600

浮力(揚圧力) -41.850

水路の上面荷重 20.000

合計重量 46.305

土圧の壁面摩擦による鉛直荷重 $P_V = 2.099$

安全率の計算

地震時慣性方向

$F_s = \frac{40.715}{13.870} = 2.935 \geq 1.500$

上記結果より、反力の検討は不要。

<浮上りの検討/フーチングの計算>

浮上に対する検討

荷重の組合せ(kN/m²)

左側 右側

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 55.200$ (°)

土くさび重量 $W = 15.470$

正弦定理での係数 = 0.432

右側主働土圧 $P_A = 6.691$

右側鉛直成分 $P_{AV} = 3.834$

すべり面の角度 $\omega = 1.118$ (°)

土くさび重量 $W = 164.140$

正弦定理での係数 = 0.020

左側主働土圧 $P_A = 3.296$

左側鉛直成分 $P_{AV} = 0.363$

浮上に対する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量(必須) 46.305

水路の内水重量 0.000

水路上面荷重 0.000

合計重量 46.305

土圧の壁面摩擦による鉛直荷重 $P_V = 2.099$

安全率の計算

$46.305 + 2.099 = 1.411 \geq 1.200$

上記結果より、フーチングは不要。

フーチング長設定時の判定方法について

Ver 4.5

判定方法

判定方法	左右均等	左右非対称(偏土圧)
判定条件	フーチング長による判定	安全率による判定
フーチング上の土砂	常に考慮 ※2	常に考慮にチェックがある場合は無条件で考慮 ※3,4
OK条件	確定フーチング長が、必要フーチング長以上	確定フーチング長を考慮した自重とフーチング長を考慮した揚圧力により、安全率を計算し判定 ※5

フーチング上の土砂条件を設定するチェックボックスは、フーチングが必要な場合に、「荷重組合せの変更」画面内に表示されます。

※ 注意点

- 偏土圧時の「参考フーチング長」は、左右どちらか一方のみでも安全率を確保できると思われる長さであり、安定計算の判定に直接影響を与えるものではありません。
- 「土地改良事業計画設計基準『水路工』基準書・技術書 平成13年2月版」(以下、技術書)での必要フーチング長(934式(1.7))は、フーチング長に係らず常にフーチング上の土砂重量を考慮しています。
- 技術書内で安定計算において、フーチング上の土砂重量を見込める長さについての記載はありませんが、壁面摩擦角φの算出方法では、フーチング長が0.1m以上の場合に、「土と土」として扱われているため、0.1m以上必要なのではないかと思えます。
- フーチング上の土砂を常に考慮し、常にチェックマークがない場合には、上記を踏まえ本アプリケーションでは、必要フーチング長0.1m以上とします。
- 側壁外側にロビッドがある場合で、「安全率による判定を行う」にチェックマークを付けた場合、必要フーチング長未滿(左右均等時)でも安全率が確保できる場合があります。

<地盤支持力の検討>

荷重の組合せ(kN/m²)

左側 右側

盛土荷重 0.000 0.000

自動車荷重 7.000 0.000

群集荷重 0.000 3.000

雪荷重 0.000 0.000

任意荷重 0.000 0.000

合計荷重 7.000 0.000

※ 雪荷重において自動車荷重との組合せ時は、1.0 kN/m²を見込む。

水平荷重 X位置 Y位置

上面荷重 0.000 0.000 0.000

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 53.880$ (°)

土くさび重量 $W = 29.610$

正弦定理での係数 = 0.410

右側主働土圧 $P_A = 12.134$

右側鉛直成分 $P_{AV} = 2.645$

すべり面の角度 $\omega = 50.436$ (°)

土くさび重量 $W = 27.762$

正弦定理での係数 = 0.472

左側主働土圧 $P_A = 13.104$

左側鉛直成分 $P_{AV} = 0.262$

地盤反力に加算する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量(必須) 60.821

フーチング重量 0.000

フーチング上土砂重量 0.000

水路の内水重量 32.624

水路上面荷重 99.100

合計重量 192.545

土圧の壁面摩擦による鉛直荷重 $2 \cdot P_V = 2.907$

各種距離 (m)

躯体中心 1.950 偏心位置 1.008

偏心距離 0.942

最大地盤反力度 $q_{max} = 129.267$ (kN/m²)

<転倒の検討>

転倒に対する検討

荷重の組合せ(kN/m²)

	左側	右側
盛土荷重	<input checked="" type="checkbox"/> 0.000	<input type="checkbox"/> 0.000
自動車荷重	<input checked="" type="checkbox"/> 7.000	<input type="checkbox"/> 0.000
群集荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input checked="" type="checkbox"/> 3.000
雪荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input type="checkbox"/> 0.000
任意荷重	<input checked="" type="checkbox"/> 0.000	<input type="checkbox"/> 0.000
合計荷重	7.000	0.000

※ 雪荷重において自動車荷重との組合せ時は、1.0 kN/m²を見込む。

水平荷重 X位置 Y位置

上面荷重 25.300 0.490 3.250

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 55.120 (^{\circ})$
 土くさび重量 $W = 30.400$
 正弦定理での係数 = 0.427
 右側主働土圧 $P_A = 12.972$
 右側鉛直成分 $P_{AV} = 4.436$
 すべり面の角度 $\omega = 53.392 (^{\circ})$
 土くさび重量 $W = 30.288$
 正弦定理での係数 = 0.486
 左側主働土圧 $P_A = 14.726$
 左側鉛直成分 $P_{AV} = 4.226$

転倒に対する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量<必須> 60.821
 フーチング重量<必須> 0.000
 フーチング上土砂重量 0.000
 水路の内水重量 0.000
 浮力(揚圧力) -28.885
 水路の上面荷重 194.350

土圧の壁面摩擦による鉛直荷重 $2 \cdot P_V = 8.662$

$\Sigma M_x = 177.101$ (kN・m) 偏心位置 = 0.394 (m)
 $\Sigma M_y = 84.540$ (kN・m) 躯体中心 = 1.950 (m)
 $\Sigma V = 235.188$ (kN/m) 偏心距離 = 1.556 (m)

開じる(C) 推奨設定... 水圧の取扱い... 偏心確認...

<滑動の検討(地震時:反力)>

滑動に対する検討

荷重の組合せ(kN/m²)

	左側	右側
盛土荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input checked="" type="checkbox"/> 0.000
自動車荷重	<input checked="" type="checkbox"/> 7.000	<input type="checkbox"/> 0.000
群集荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input checked="" type="checkbox"/> 3.000
雪荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input type="checkbox"/> 0.000
任意荷重	<input type="checkbox"/> 0.000	<input checked="" type="checkbox"/> 0.000
合計荷重	0.000	3.000

※ 雪荷重において自動車荷重との組合せ時は、1.0 kN/m²を見込む。

水平荷重 X位置 Y位置

上面荷重 25.300 0.884 3.250

土圧の計算 (kN/m)

すべり面の角度 $\omega = 55.120 (^{\circ})$
 土くさび重量 $W = 35.210$
 正弦定理での係数 = 0.427
 右側主働土圧 $P_A = 15.024$
 右側鉛直成分 $P_{AV} = 5.138$
 すべり面の角度 $\omega = 53.197 (^{\circ})$
 土くさび重量 $W = 21.082$
 正弦定理での係数 = 0.483
 左側主働土圧 $P_A = 10.175$
 左側鉛直成分 $P_{AV} = 2.920$

滑動に対する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量<必須> 60.821
 フーチング重量<必須> 0.000
 フーチング上土砂重量 0.000
 水路の内水重量 30.258
 浮力(揚圧力) -28.665
 水路の上面荷重 139.350

安全率の計算 地震時慣性方向
 右→左 左→右
 $F_S = \frac{121.067}{39.350} = 3.050 \geq 1.500$

上記結果より判定は、OK

開じる(C) 推奨設定... 水圧の取扱い... 偏心確認...

<滑動の計算ステップ>

その他

水路上面荷重 = 10.000 (kN/m)

側壁のコロピ角を実勾配で計算
 受働土圧計算時の δ を入力する

滑動に対する検討

底板 ϕ の取扱い
 右の内部摩擦角
 左の内部摩擦角
 左右の平均値

底面と地盤との摩擦係数
 $\tan \phi$ $\tan(2/3\phi)$
 0.70
 任意 $f = 0.577$

受働土圧を期待できる
 左側壁 右側壁

滑動に対する重量の組合せ (kN/m)

躯体重量<必須> 89.549
 フーチング重量<必須> 0.000
 フーチング上土砂重量 0.000
 水路の内水重量 0.000
 浮力(揚圧力) -62.524

安全率の計算 地震時 右→左 慣性方向 左→右
 $F_S = \frac{21.890}{26.695} = 0.820 < 1.500$

反力の計算
 $\delta_L = 0.00$ $\delta_R = 0.00$
 反力 P (kN/m) 受働土圧 P_p (kN/m)
 $22.186 \leq 25.350$ 判定 OK

<滑動の検討>

安全率の計算 地震時 右→左 慣性方向 左→右
 $F_S = \frac{21.890}{26.695} = 0.820 < 1.500$

上記結果より判定は、OUT

<偏心/荷重図の確認>



<荷重ケース/検討断面位置設定画面>

水路地震時転倒 (反転) sip作成 H25022底版厚800

構造計算を行う

荷重組合わせ

項目	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	任意3
検討の有無	必要	必要	必要	必要	不要
計算種別	常時	常時	両方	地震時	常時
自重	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
土圧(湿潤状態)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
土圧(飽和状態)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
盛土荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
自動車荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
群集荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
雪荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
凍上圧	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
側壁に作用する水圧	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
揚圧力	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
フルーム内の水圧	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
水路上面荷重	V=25.000	V=12.500	V=12.500 V=12.500		
その他の荷重					
地震時慣性力の方向	偏心量	偏心量	水平		
詳細説明	開く...	開く...	開く...		

荷重の組合わせを設定してください。○印が検討する項目
計算種別を「両方」にすることで、「常時」と「地震時」の両方

地震時に載荷重を考慮する。(盛土荷重)は、常に考慮。
 側壁外側を垂直と仮定して土圧係数を算出する。
 内部摩擦角 ϕ を算出する際にフーチング長を考慮する。

基本データ その他 安定計算 荷重ケース 構造計算

側壁照査位置 (m)

項目名	左側		右側	
	天端から	付根から	天端から	付根から
壁高の1/3	1.093	0.547	1.860	0.930
<input checked="" type="checkbox"/> 底版の中心	1.640	0.000	2.790	0.000
<input type="checkbox"/> ハンチ上部	1.040	0.600	2.190	0.600
<input type="checkbox"/> 底版の上面	1.240	0.400	2.390	0.400
<input type="checkbox"/> 任意点(1)	0.000	1.640	0.000	2.790
<input type="checkbox"/> 任意点(2)	0.000	1.640	0.000	2.790

底版照査位置 (m)
底版作用幅 = 3.981

項目名	左から	右から
最大モーメント位置	自動計算	
<input checked="" type="checkbox"/> 側壁の中心	0.000	0.000

荷重ケース名称設定

荷重名称を入力して下さい。

時刻

OK キャンセル

構造計算を行う

荷重組合わせ

項目	ケース1	① ケース2	ケース3	満水時	任意2
検討の有無	必要	② 不要	必要	必要	必要
計算種別	常時	常時	地震時	両方	地震時
自重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
土圧(湿潤状態)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
土圧(飽和状態)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
盛土荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
自動車荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
群集荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
雪荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
凍上圧	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
側壁に作用する水圧	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
揚圧力	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
フルーム内の水圧	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
水路上面荷重	V=25.000	V=12.500	V=12.500		
その他の荷重					
地震時慣性力の方向	偏心量	偏心量	水平		
詳細説明	開く...	開く...	開く...		

<部材断面検討時の水路上面荷重>

水路設計計算システムVer5.0データ (扇形)

構造計算を行う

荷重組合わせ

項目	ケース1	ケース2	ケース3	任意1	任意2	任意3
検討の有無	必要	必要	必要	必要	不要	不要
計算種別	両方	常時	両方	常時	常時	常時
自重	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
土圧(湿潤状態)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
土圧(飽和状態)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
盛土荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
自動車荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
群集荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
雪荷重	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
凍上圧	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
側壁に作用する水圧	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
揚圧力	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
フルーム内の水圧	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
水路上面荷重	V=194.350 V=139.350					
その他の荷重						
地震時慣性力の方向	偏心量	偏心量	水平			
詳細説明	開く...	開く...	開く...			

水路上面荷重の組合わせ設定

NO	名称	鉛直荷重 (kN)	水平荷重(kN)		アーム長(m)		ON/OFF	
			常時	地震時	X	Y	常時	地震時
1	コンクリートの蓋版荷重(3.6m×)	44.100	0.000	7.056	1.950	2.550	<input checked="" type="checkbox"/> ON	<input checked="" type="checkbox"/> ON
2	蓋版上面への後輪荷重(3.6m×)	55.000	0.000	8.800	0.000	0.000	<input checked="" type="checkbox"/> ON	<input type="checkbox"/> OFF
3	コンクリート構造物(2.5m×1.0m)	95.250	20.000	35.240	1.000	2.800	<input checked="" type="checkbox"/> ON	<input checked="" type="checkbox"/> ON
合計(採用値)		194.350 139.350	20.000	42.296	0.933 1.301	2.800 2.758	常時	地震時

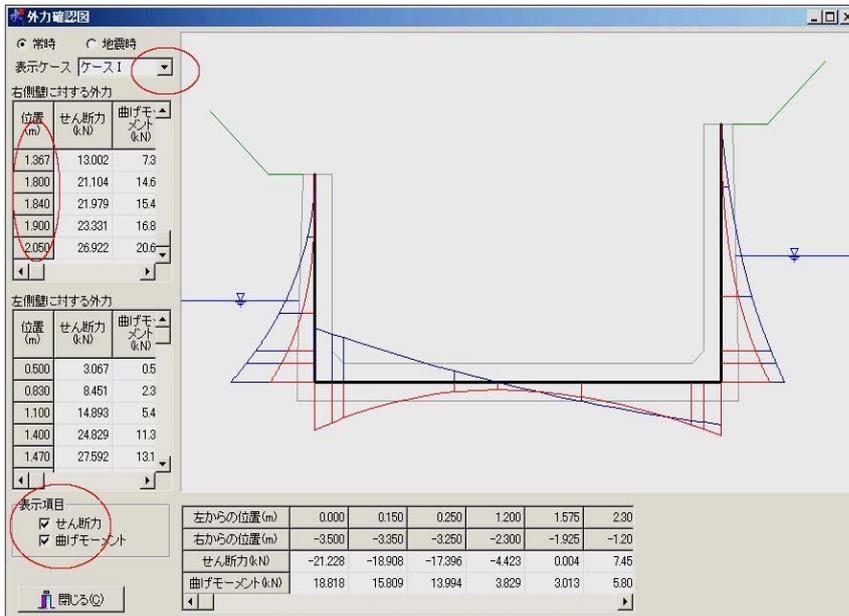
荷重組合わせの項目では鉛直荷重が表示される。

適用したい項目(常時・地震時)をチェックマークした合計荷重+アーム長(重心)が集計される。

※地震時の水平荷重は「入力された水平荷重+地震時の水平荷重」となる。

OK キャンセル

<外力図表示画面>



<部材断面（構造計算）検討入力画面>

部材条件

部材: 鉄筋コンクリート 無筋コンクリート

コンクリート許容応力度 (N/mm²): 土地改... 道路土... 二標準...

設計基準強度 $\sigma_{ok} = 24$

地震時の許容値は常時の1.5倍

曲げ圧縮: 9.00 [常時] 9.00 [地震時]

曲げ引張: 0.00 [常時] 0.00 [地震時]

せん断応力度: 0.45 [常時] 0.45 [地震時]

付着応力度: 1.60 [常時] 1.60 [地震時]

鉄筋許容応力度 (N/mm²): 土地改... 道路土... 二標準...

引張降伏強度 $f_{yd} = 295.0$

地震時の許容値は常時の1.5倍

引張応力度: 176.0 [常時] 264.0 [地震時]

圧縮応力度: 176.0 [常時] 264.0 [地震時]

ヤング係数比 $N = 15.0$

底版配筋

配筋方法: 単鉄筋 単鉄筋 複鉄筋

計算方法: 単鉄筋 単鉄筋 複鉄筋

鉄筋かぶり (mm): 内側 60, 外側 60

必要有効高さの計算

異径鉄筋にて配筋を行う

必要鉄筋量の計算 (断面算定法)

必要鉄筋量の計算 (応力法)

配筋: 内側 径① D13 径② D16 ピッチ 500 (mm)

外側 径① D13 径② D16 ピッチ 500 (mm)

側壁配筋

右側壁: 配筋方法 単鉄筋 単鉄筋 複鉄筋

計算方法: 単鉄筋 単鉄筋 複鉄筋

鉄筋かぶり (mm): 内側 60, 外側 60

左側壁は、右側壁と同じ配筋を行う

左側壁: 配筋方法 単鉄筋 単鉄筋 複鉄筋

計算方法: 単鉄筋 単鉄筋 複鉄筋

鉄筋かぶり (mm): 内側 60, 外側 60

異径鉄筋にて配筋を行う

必要鉄筋量の計算 (断面算定法)

必要鉄筋量の計算 (応力法)

基本配筋: 左側壁 右側壁

外側 内側 内側 外側

径① D13 D13 D13 D13

径② D16 D13 D13 D16

ピッチ (mm) 250 250 250 500

段落の設定 (mm)

左側壁-外側 右側壁-外側

自動計算 自動計算

D13 210 D13 1460

左側壁-内側 右側壁-内側

壁高の1/2 自動計算

D13 0 D13 0

側壁に対する応力の検討結果

右側壁

	①	②	③	④	⑤	⑥	反
常時	OK	OK	OK				
地震	OK	OK	OK				OK

左側壁

	①	②	③	④	⑤	⑥	反
常時	OK	OK	OK				
地震	OK	OK	OK				OK

:未検討

ハンチ鉄筋を設定 詳細設定...

<必要有効高さの計算表示画面>

位置 (m)	最大値	0.000	2.163	3.500
必要有効高さ[正](mm)	156.9	156.9	89.1	122.2
必要有効高さ[負](mm)	124.9	67.1	124.9	67.1

現在の有効高さ (mm)

曲げモーメントが正の時: 2400

曲げモーメントが負の時: 2400

必要有効高さ (mm)

曲げモーメントが正の時: 156.9

曲げモーメントが負の時: 124.9

ここでの必要有効高さは、釣り合い鉄筋比と曲げ圧縮応力度により求められます。したがって、入力された鉄筋量によっては、必要有効高さ以下でも許容値以内に収まる場合もあります。(目安値として、捉えてください。)

<必要鉄筋量の計算結果と適正配筋の表示>

異径鉄筋にて配筋を行う

必要鉄筋量の計算(断面算定法)

必要鉄筋量の計算(応力法)

配筋

内側 径① D16 径② D13
ピッチ 250 (mm)

外側 径① D16 径② D13
ピッチ 250 (mm)

異径鉄筋にて配筋を行う

必要鉄筋量の計算(断面算定法)

必要鉄筋量の計算(応力法)

D16のピッチ250を底版外側の配筋へ

位置(m)	最大値	0.000	2.163	3.500
曲げモーメント(kN・m)	33.26	33.26	-21.07	20.61
せん断力(kN)	26.75	-26.75	0.00	17.12
内側必要鉄筋量(mm ²)	576.89	168.35	576.89	168.35
内側必要周長(mm)	52.12	51.38	0.00	52.12
外側必要鉄筋量(mm ²)	591.74	591.74	190.73	570.36
外側必要周長(mm)	78.53	78.53	0.01	50.39

必要鉄筋量 = 592 (mm²)
必要周長 = 79 (mm)

呼び径	公称断面積 (mm ²)	公称周長 (mm)	必要本数	ピッチ (mm)	総断面積 (mm ²)	総周長 (mm)
D6	31.67	20	4.0	250	126.7	80.0
D10	71.33	30	4.0	250	285.3	120.0
D13	126.70	40	4.0	250	506.8	160.0
D16	198.60	50	4.0	250	794.4	200.0
D19	286.50	60	4.0	250	1,146.0	240.0
D22	387.10	70	2.0	500	774.2	140.0
D25	506.70	80	1.4	750	709.4	112.0
D29	642.40	90	1.0	1,000	642.4	90.0

鉄筋本数算出方法: 鉄筋本数(優先) / ピッチ(優先)

ピッチ間隔: 250 (mm)

底版外側の配筋について選択した列の「呼び径」と「ピッチ」を適用しますか?
はい (OK) / いいえ (キャンセル)

<断面検討結果と計算結果一覧>

右側壁

①	②	③	④	⑤	⑥	反
OK	OK	OK	OK	OK		
OK	OK	OK	OK	OK		OK

左側壁

①	②	③	④	⑤	⑥	反
OK	OK	OK	OK	OK		
OK	OK	OK	OK	OK		OK

ハンチ鉄筋を設定

鉄筋コンクリートの結果詳細

検討部材: 右側壁 計算条件: 常時 荷重/ターン: ケース1

照査位置 H (m)	許容値	1.383	1.480	1.800	1.900	2.075
曲げモーメント M (kN・m)		0.826	1.005	2.301	2.883	4.180
せん断力 S (kN)		2.105	2.543	5.302	6.368	8.513
引張鉄筋量 As (mm ²)		397	397	651	651	651
圧縮鉄筋量 As' (mm ²)		0	0	0	0	0
有効部材厚 d (mm)		263	267	285	290	290
引張鉄筋比 p		0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
中立軸比 k		0.191	0.190	0.230	0.228	0.228
応力軸比 j		0.936	0.937	0.923	0.924	0.924
曲げ圧縮応力度 σc (N/mm ²)	9.00	0.133	0.158	0.267	0.326	0.472
引張応力度 σs (N/mm ²)	176.00	8.450	10.123	13.430	16.528	23.960
圧縮応力度 σs' (N/mm ²)	176.00	-0.383	-0.423	0.332	0.449	0.650
せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.45	0.009	0.010	0.020	0.024	0.032
付着応力度 τ0 (N/mm ²)	1.60	0.047	0.056	0.112	0.132	0.176
抵抗モーメント Mrc		55.771	57.162	77.486	79.665	79.665
抵抗モーメント Mrs		17.204	17.473	30.155	30.704	30.704
抵抗モーメント Mcr		52.253	53.548	61.949	63.736	63.736
許容抵抗モーメント Mr		17.204	17.473	30.155	30.704	30.704

拡張表示

ハンチ鉄筋を設定

詳細設定...

ハンチ鉄筋 - 詳細設定

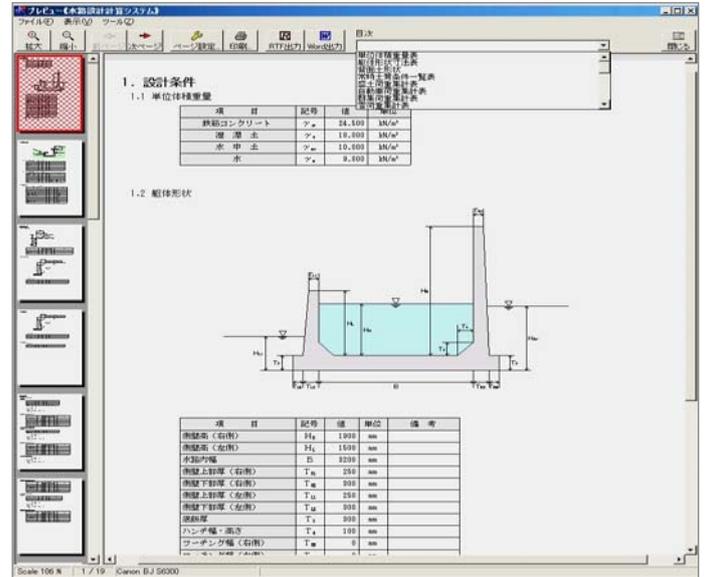
呼び径: D13

ピッチ: 250 (mm)

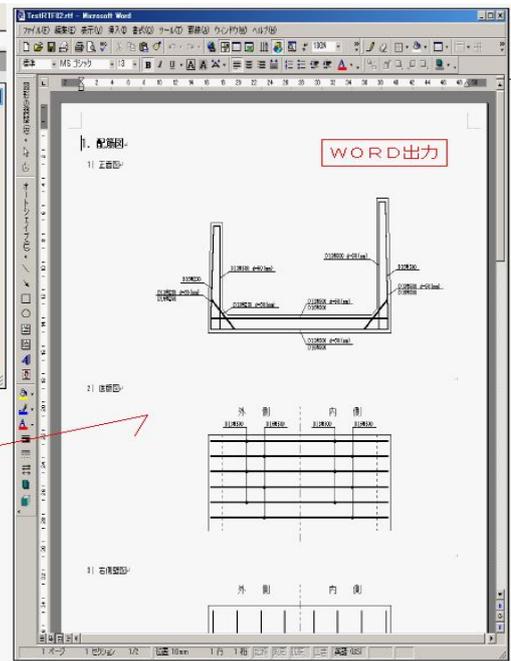
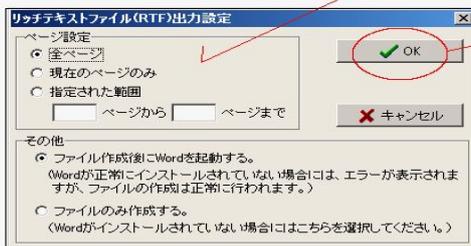
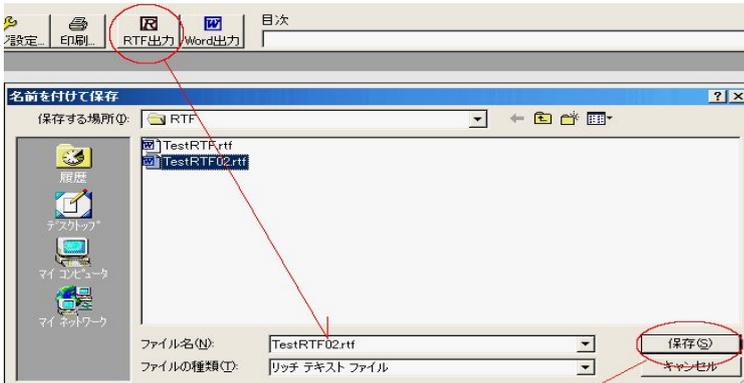
かぶり: 60 (mm)

キャンセル / OK

<印刷項目設定/印刷プレビュー/組立て鉄筋図の画面>



<RTFによるWord変換処理>





水路設計計算システム

土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」基準書・技術書(平成26年3月)対応版 価格 ¥209,000-(税+HASP 込)

本商品を別保有 HASP に追加登録する場合、価格は¥198,000-(税込)となります。

適用基準

- 土地改良事業計画設計基準
 - ・設計「水路工」(H26/3)
- 土地改良事業設計指針
 - ・「ため池整備」(H27/5)

計算範囲

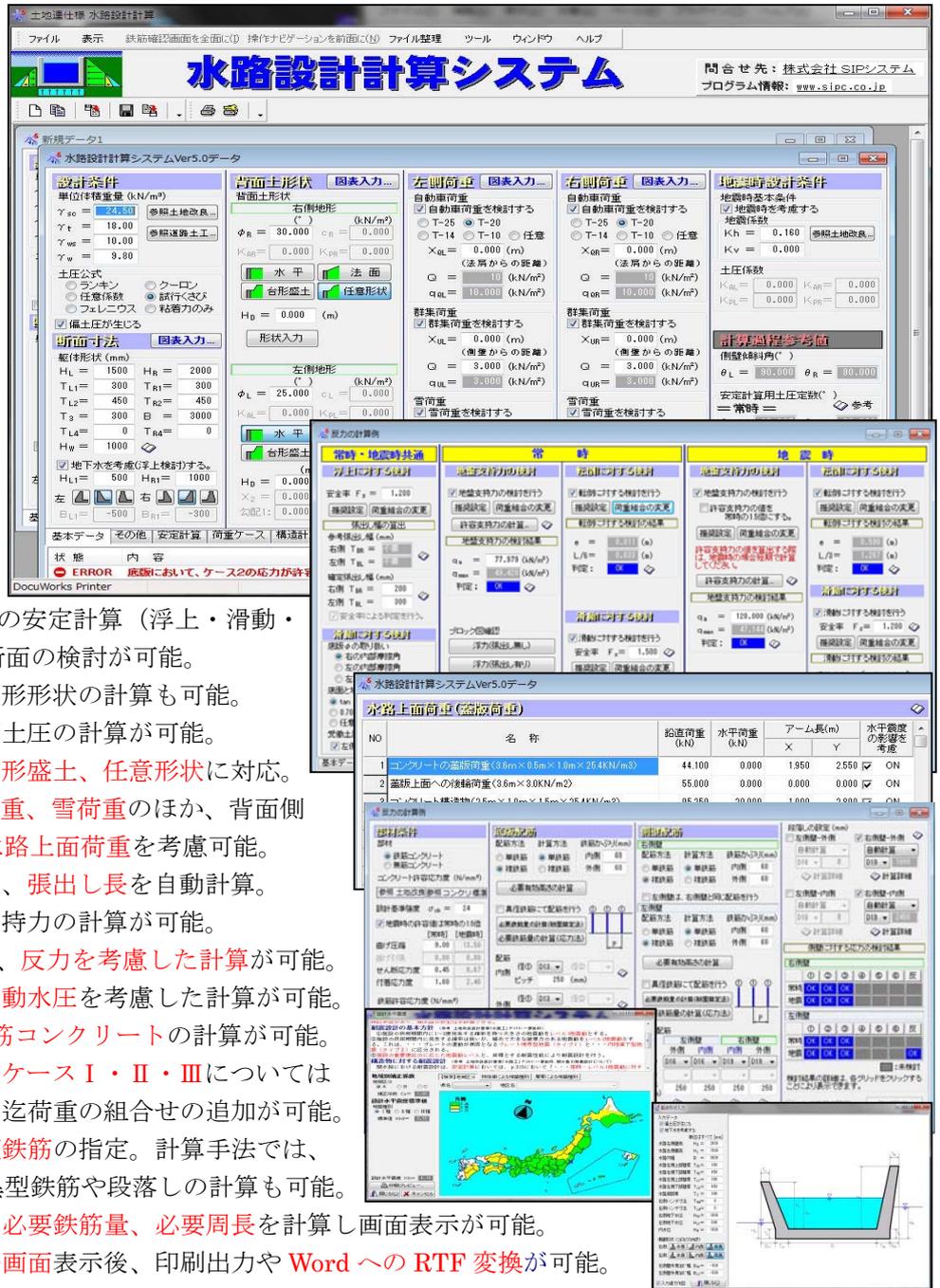
- 常時・地震時の安定計算
- 偏土圧を考慮した計算
- U型水路・扇形水路に対応
- RC・無筋の断面照査

適用土圧公式

- ランキン土圧/クーロン土圧
- 試行くさび法/任意土圧係数
- フェレニウス/粘着力のみ

主な機能

- 1.水路の**常時**、**地震時(レベル1)**の安定計算(浮上・滑動・転倒・地盤支持力)および部材断面の検査が可能。
- 2.水路側壁形状が外側に傾斜した扇形状の計算も可能。
- 3.左右側壁高(作用力)が異なる偏土圧の計算が可能。
- 4.背面土砂形状は、**水平**、**法面**、**台形盛土**、**任意形状**に対応。
- 5.上載荷重は、**自動車荷重**、**群集荷重**、**雪荷重**のほか、背面側上面への**任意等分布荷重**、また**水路上面荷重**を考慮可能。
- 6.浮上で安全率を満足しない場合は、**張出し長**を自動計算。
- 7.常時、地震時における許容地盤支持力の計算が可能。
- 8.滑動検査時でOUTになった場合、**反力を考慮した計算**が可能。
- 9.地震時の検査時、内水位における**動水圧**を考慮した計算が可能。
- 10.部材検査時、**鉄筋(複鉄筋)・無筋コンクリート**の計算が可能。
- 11.部材断面検査時、荷重条件の**荷重ケースI・II・III**についてはデフォルト設定。また、3ケース迄荷重の組合せの追加が可能。
- 12.鉄筋コンクリートにおいて**単・複鉄筋**の指定。計算手法では、**単・複鉄筋計算**が可能。また、異型鉄筋や段落しの計算も可能。
- 13.部材断面計算では、必要有効高、**必要鉄筋量**、**必要周長**を計算し画面表示が可能。
- 14.計算書は印刷項目毎に**プレビュー画面**表示後、印刷出力や**Word**への**RTF変換**が可能。



システム環境

CONTACT (TEL) : 06-6125-2232 (FAX) : 06-6125-2233

- 基本OS : Windows8 (32bit&64bit)、Windows10&11 (64bit)
- ハード環境 : HD容量500MB以上、メモリ容量4GB以上
- プロテクト方式 : HASP(USB)方式、オンライン(IN)方式、ネット認証システム(Lan対応版)

お問合せ

ACCESS (URL) : <http://www.sipc.co.jp> (Mail) : mail@sipc.co.jp

株式会社 SIP システム
 〒542-0081
 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501 (大阪事務所)
 TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

ご案内

- ・本商品に関するご質問、資料請求、見積依頼等につきましては、お電話、メール等にて弊社「大阪事務所」迄お問い合わせ下さい。
- ・弊社ホームページより各商品概要のリーフレット、出力例等のダウンロードや体験版プログラムのお申込み等が可能です。

土木設計「排水構造物設計シリーズ」のご案内



土木・土地改良設計業務に携わる皆様への「排水構造物設計シリーズ」のご案内です。

土地改良基準「水路工」に準拠した「水路設計計算システム」、柵構造の計算を行う「集水柵構造計算システム」また、水路の蓋版や底版の杭基礎スラブ板の解析が可能な「長方形板の計算システム」および「杭基礎スラブ板の検討システム」等、設計業務の身近な設計ソフトウェアとしてご検討頂ければ幸いです。 (株) S I Pシステム



＜ 水路設計計算システム / ¥209,000 (税+HASP込) ＞

- ①水路工の常時・地震時の安定計算および部材断面照査を行い、左右側壁の高さが異なる偏土圧の検討も可能。
- ②浮上の検討では、必要フーチング幅を自動計算。
- ③滑動の検討で安全率を満足しない場合反力を考慮して検討。
- ④地震の検討時、内外水位に対し動水圧を考慮可能。
- ⑤水路上面の蓋版等の上面荷重を考慮可能。
- ⑥無筋・鉄筋コンクリートの断面応力度照査が可能。
- ⑦計算書は、プレビュー表示後印刷、Word出力も可能。



＜ 集水柵構造計算システム / ¥220,000 (税+HASP込) ＞

- ①柵構造(鉄筋・無筋コンクリート)の常時・地震時の部材断面検討および浮力、地盤支持力の検討が可能。
- ②側壁は「水平応力解析」「三辺固定スラブ法」「両端固定梁+三辺固定版」、底版は「四辺固定スラブ法」で解析。
- ③水平応力解析では、側壁に対する軸力の考慮が可能。
- ④側壁(前面・側面)底版の全12断面の応力度照査が可能。また、開口部の指定や L_y/L_x 比を超える計算も可能。
- ⑤計算書は、プレビュー表示後印刷、Word出力も可能。

＜ 長方形板の計算システム / ¥121,000 (税+HASP込) ＞

RC、鋼板の「有限要素法」および「級数解」による板の解析プログラム

＜ 無圧トンネル構造計算システム / ¥1121,000 (税+HASP込) ＞

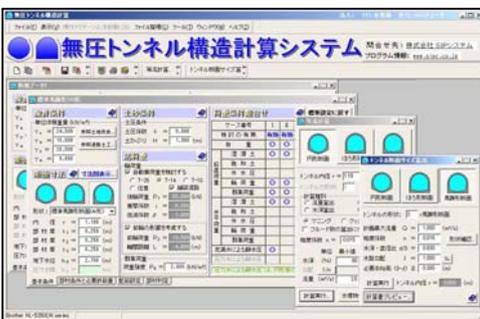
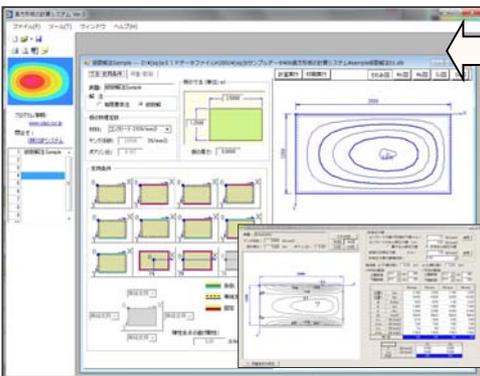
「水路トンネル」準拠した「円形・ほろ形・馬蹄形」の断面検討プログラム

＜ 杭基礎スラブ板の検討システム / ¥115,000 (税+HASP込) ＞

水路、柵等で、杭が配置される長方形板(スラブ)の断面検討プログラム

＜ RC水路橋構造計算システム / ¥121,000 (税+HASP込) ＞

鉄筋コンクリート水路橋について単純支持・連続支持の検討可能なプログラム



その他商品の紹介

1. 「洪水吐水理計算システム」(¥341,000)、「堤体の安定計算システム」(¥198,000)、「不等流水路水面追跡計算システム」(¥121,000)
2. 「管網計算システム」(¥319,000) + 「上水道給水量計算システム」(¥55,000) + 「DXFファイルコンバータ」(¥110,000)
3. 「無筋擁壁設計システム」「RC擁壁設計システム」「ボックスカルバート設計システム」など

(HASP+税込価格で表示)

株式会社 S I Pシステム

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

OS : Windows8、Windows10&11 (32bit&64bit) 対応

HD : 500MB以上。USBポート&DVD-ROM 必須。

プロテクト方式 : HASP方式 (USB) またはオンライン方式

＜お問い合わせは大阪事務所まで＞

・商品に関するお問合せは、お電話メール等でお受けしております。
(受付時間 平日 9:00~17:00)

・商品の詳細は、弊社ホームページでもご確認いただけます。

<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

1. 設計条件

1.1 単位換算表

項目	記号	値	単位
基礎コンクリート	V_c	24,000	kg/m ³
土	V_s	18,000	kg/m ³
水中土	V_w	10,000	kg/m ³
水	V_w	9,800	kg/m ³

1.2 形状

項目	記号	値	単位	備考
基礎高さ(右側)	H_R	2100	mm	
基礎高さ(左側)	H_L	1500	mm	
基礎幅(右側)	B_R	2000	mm	
基礎幅(左側)	B_L	300	mm	
基礎土厚(右側)	T_R	400	mm	
基礎土厚(左側)	T_L	200	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	
基礎土厚(高さ)	T_H	100	mm	

2 荷重データ

2.1 地形土質

項目	記号	値	単位	備考
コンクリート	γ_c	24.0	kg/m ³	
土	γ_s	18.0	kg/m ³	
水中土	γ_w	10.0	kg/m ³	
水	γ_w	9.8	kg/m ³	
基礎土厚(右側)	T_R	0.4	m	
基礎土厚(左側)	T_L	0.2	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	
基礎土厚(高さ)	T_H	0.1	m	

3 断面設計

3.1 設計条件

基礎コンクリート強度: $f_{ck} = 25.0$ (N/mm²)
 鋼筋強度: $f_{yk} = 235.0$ (N/mm²)
 コンクリート弾性係数: $E_c = 2.8 \times 10^4$ (N/mm²)
 鋼筋弾性係数: $E_s = 2.0 \times 10^5$ (N/mm²)

3.2 断面力

4 配筋図

4.1 断面力

●水路設計計算の出力

- 1) 入力データ
- 2) 安定/部材断面計算
- 3) 設計水平震度
- 4) 許容地盤支持力
- 5) 鉄筋組立図

5 材料強度の検討

5.1 鋼筋の強度

項目	記号	値	単位	備考
鋼筋強度	f_{yk}	235.0	N/mm ²	
鋼筋弾性係数	E_s	2.0e5	N/mm ²	

5.2 鋼筋の配筋率

項目	記号	値	単位	備考
鋼筋率	ρ	0.01	-	

6 断面力の検討

6.1 断面力の検討

7 断面力の検討

7.1 断面力の検討

●集水桝構造計算の出力

- 1) 入力データ
- 2) 桝断面照査計算書
- 3) 浮き上がり
- 4) 地盤支持力

8 断面設計

8.1 計算式

コンクリートの曲げ圧縮応力係数 α_1
 $\alpha_1 = 1 - \beta_1 \left(\frac{f_{ck}}{f_{ck} + 17.5} \right)$
 コンクリートの平均せん断応力係数 β_1
 $\beta_1 = 1.05 - 0.0001 f_{ck}$
 コンクリートの最大せん断応力係数 β_2
 $\beta_2 = 0.85 + 0.0001 f_{ck}$

●杭基礎スラブ板の検討システム

- 1) 作用荷重の入力方法
- 2) 計算書 (プレビュー表示)

9 断面設計

9.1 計算式

最大たわみ w_{max}
 $w_{max} = \frac{5 q l^4}{384 E I}$
 最大断面力 M_{max}
 $M_{max} = \frac{q l^2}{2}$

10 断面設計

10.1 計算式

コンクリートの曲げ圧縮応力係数 α_1
 $\alpha_1 = 1 - \beta_1 \left(\frac{f_{ck}}{f_{ck} + 17.5} \right)$
 コンクリートの平均せん断応力係数 β_1
 $\beta_1 = 1.05 - 0.0001 f_{ck}$
 コンクリートの最大せん断応力係数 β_2
 $\beta_2 = 0.85 + 0.0001 f_{ck}$

11 断面設計

11.1 計算式

最大たわみ w_{max}
 $w_{max} = \frac{5 q l^4}{384 E I}$
 最大断面力 M_{max}
 $M_{max} = \frac{q l^2}{2}$

12 断面設計

12.1 計算式

最大たわみ w_{max}
 $w_{max} = \frac{5 q l^4}{384 E I}$
 最大断面力 M_{max}
 $M_{max} = \frac{q l^2}{2}$

●長方形板の計算の出力

- 1) 有限要素法解析
- 2) 級数解法解析
- 3) 鉄筋コンクリート
- 4) 鋼、鋳鋼、鋳鉄
- 5) 断面力/応力度評価

水路設計計算システム

Ver6.0

適用基準

土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」
基準書 技術書 (H26/3)

出力例

鉄筋コンクリート水路構造計算書
(安定計算および部材断面計算)

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 大阪事務所 (技術サービス)

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

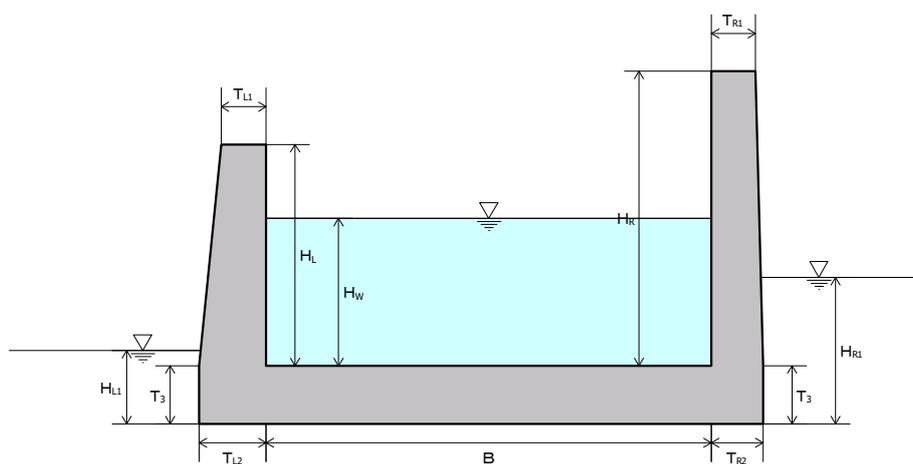
<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

1. 設計条件

1.1 単位体積重量

項目	記号	値	単位
フルーム(躯体)	γ_{sc}	24.500	kN/m ³
湿潤土	γ_t	18.000	kN/m ³
水中土	γ_{ws}	10.000	kN/m ³
水	γ_w	9.800	kN/m ³

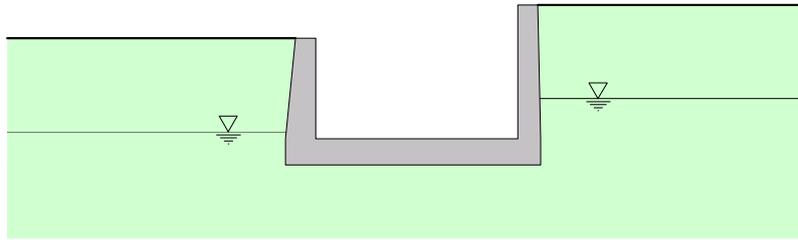
1.2 躯体形状



項目	記号	値	単位	備考
側壁高(右側)	H_R	2000	mm	
側壁高(左側)	H_L	1500	mm	
水路内幅	B	3000	mm	
側壁上部厚(右側)	T_{R1}	300	mm	
側壁下部厚(右側)	T_{R2}	350	mm	
側壁上部厚(左側)	T_{L1}	300	mm	
側壁下部厚(左側)	T_{L2}	450	mm	
底版厚	T_3	400	mm	
水路内水位	H_w	1000	mm	
地下水位(右側)	H_{R1}	1000	mm	
地下水位(左側)	H_{L1}	500	mm	

- ・ 右側壁の外側に傾斜を設け、内側は直とする。
- ・ 左側壁の外側に傾斜を設け、内側は直とする。

1.3 背面土形状



水路右側の背面土砂形状は、「フラット」に設定

水路左側の背面土砂形状は、「フラット」に設定

1.4 土質条件

土圧公式は、「試行くさび法」にて算出する。

項目	記号	値	単位	備考
土の内部摩擦角度	ϕ_R	30.000	°	右側
土の内部摩擦角度	ϕ_L	25.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (右側)	δ_R	20.000	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角 (左側)	δ_L	16.667	°	計算値
壁背面の傾斜角 (右側)	θ_R	88.807	°	計算値
壁背面の傾斜角 (左側)	θ_L	85.486	°	計算値

【側壁面又は仮想背面との摩擦角】

・右側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$n = (T_{R2} - T_{R1}) / (H_R + T_3) = (350 - 300) / (2000 + 400) = 0.021$$

張出しの長さ

$$T_B = 0.000 \text{ (m)}$$

$n < 0.100$ で、しかも $T_B < 0.100$ のため

$$\delta_R = 2/3 \phi = 20.000$$

・左側

側壁背面のコロビ「n」の算出

$$n = (T_{L2} - T_{L1}) / (H_L + T_3) = (450 - 300) / (1500 + 400) = 0.079$$

張出しの長さ

$$T_B = 0.000 \text{ (m)}$$

$n < 0.100$ で、しかも $T_B < 0.100$ のため

$$\delta_L = 2/3 \phi = 16.667$$

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{(H_R + T_3) / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(2000 + 400) / (350 - 300)\} \\ &= 88.807^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{(H_L + T_3) / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(1500 + 400) / (450 - 300)\} \\ &= 85.486^\circ\end{aligned}$$

【試行くさび法】

・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 ω の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧(P_{AR} 、 P_{AL})とする。

ここに、

ω : すべり面が水平面となす角 ($^\circ$)

W : 土くさびの重量 (上載荷重を含む) (kN/m)

常時の計算においては、地震時合成角度 $\theta_0 = 0$ とする。

・受働土圧

$$P_P = \frac{\sin(\omega + \phi - \theta_0)}{\cos(\omega + \phi + \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 ω の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最小値を受働土圧(P_{PR} 、 P_{PL})とする。

ここに、

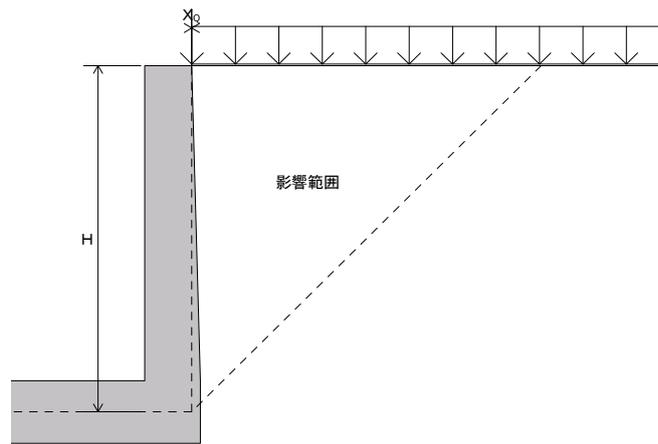
ω : すべり面が水平面となす角 ($^\circ$)

W : 土くさびの重量 (上載荷重を含む) (kN/m)

常時の計算においては、地震時合成角度 $\theta_0 = 0$ とする。

2 荷重データ

2.1 自動車荷重



項目	記号	値		単位	備考
		左側	右側		
法肩からの距離	X_q	0.000	—	m	
等分布荷重	Q	10.000	—	kN/m ²	左側 : T-25
荷重作用位置	X	0.000	—	m	
荷重作用範囲	H	1.700	—	m	
法高	H_0	—	—	m	
等分布荷重換算係数	I_w	1.000	—		フリューリッヒの地盤応力理論を応用したモーメント換算
換算後の等分布荷重	q_q	10.000	—	kN/m ²	$Q \cdot I_w$

・左側

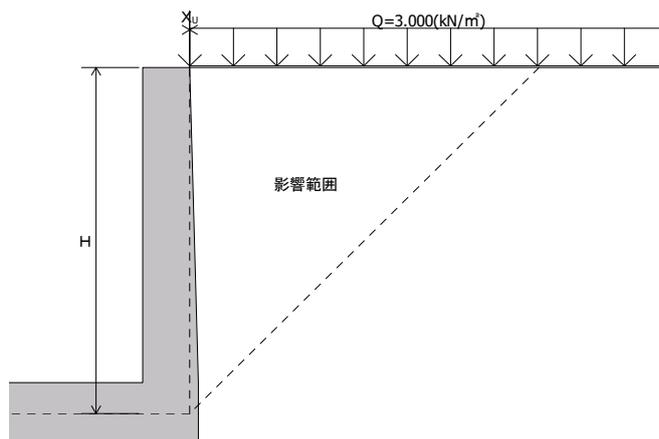
$$\text{荷重作用位置 } X = 0.000$$

$$\begin{aligned} \text{荷重作用範囲 } H &= \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.500 + 0.400 / 2 \\ &= 1.700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{換算後の等分布荷重 } q_q &= Q \cdot I_w = 10.000 \times 1.000 \\ &= 10.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\ &= 1 + (0.000/1.700)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (0.000/1.700)^2\} \cdot \tan^{-1}(0.000/1.700) - 2/\pi \cdot (0.000/1.700) \\ &= 1.000 \end{aligned}$$

2.2 群集荷重



項目	記号	値		単位	備考
		左側	右側		
側壁外側からの距離	X_u	—	0.000	m	
等分布荷重	Q	—	3.000	kN/m ²	
荷重作用位置	X	—	0.000	m	X_u
荷重作用範囲	H	—	2.200	m	
法高	H_0	—	—	m	
等分布荷重換算係数	I_w	—	1.000		フリーリッヒの地盤応力理論を応用したモーメント換算
換算後の等分布荷重	q_u	—	3.000	kN/m ²	$Q \cdot I_w$

・右側

荷重作用位置 $X = 0.000$

荷重作用範囲 $H = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.000 + 0.400 / 2$
 $= 2.200$

換算後の等分布荷重 $q_u = Q \cdot I_w = 3.000 \times 1.000$
 $= 3.000$

$$\begin{aligned}
 I_w &= 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \\
 &= 1 + (0.000/2.200)^2 - 2/\pi \cdot \{1 + (0.000/2.200)^2\} \cdot \tan^{-1}(0.000/2.200) - 2/\pi \cdot (0.000/2.200) \\
 &= 1.000
 \end{aligned}$$

3 安定計算

3.1 浮上に対する検討

1) 諸条件

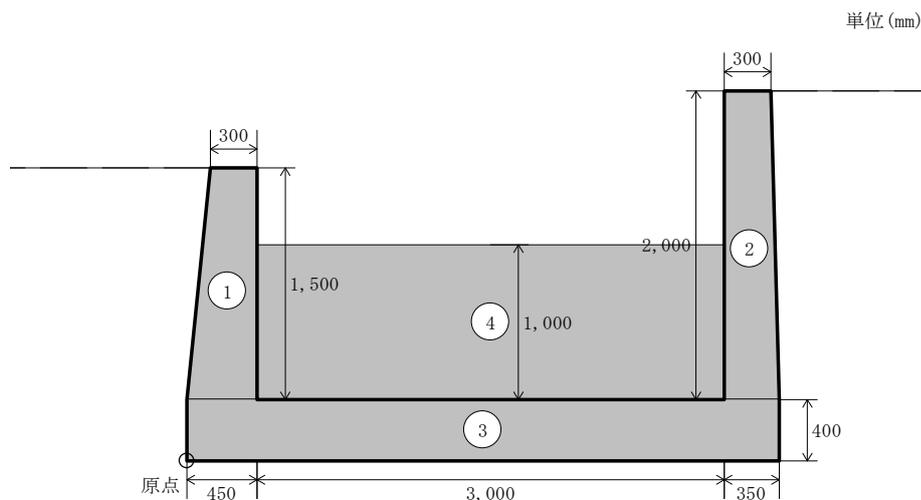
項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.200		
地下水位 (右側)	H_{R1}	1.000	m	底版下からの水位
地下水位 (左側)	H_{L1}	0.500	m	底版下からの水位
静水圧	P	7.350	kN/m^2	$\gamma_w \cdot (H_{R1} + H_{L1}) / 2$
作用幅	L	3.800	m	$B + T_{R2} + T_{L2}$

- ・張出し重量を自重に含めない。
- ・水路内の水重量を自重に含める。
- ・地下水圧を考慮しない。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

2) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m^2	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m^2	
合計						kN/m^2	

3) 自重の算出



番号	計算式	荷重 (kN)	荷重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	0.000

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_A を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	41.014	0.342/1.000	14.027
52.000	1.905	0.395	1.875	38.240	0.375/1.000	14.340
54.000	1.775	0.368	1.744	35.630	0.407/0.999	14.516
56.000	1.651	0.342	1.619	33.138	0.438/0.996	14.573
56.199	1.639	0.339	1.607	32.892	0.441/0.996	14.564
56.200	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
56.201	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
57.000	1.591	0.329	1.559	31.928	0.454/0.995	14.568
58.000	1.533	0.317	1.500	30.764	0.469/0.993	14.530

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	28.446	0.423/0.998	12.057
52.000	1.425	0.098	1.484	26.630	0.454/0.995	12.151
53.000	1.378	0.095	1.432	25.754	0.469/0.993	12.164
53.719	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
53.720	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
53.721	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
54.000	1.333	0.091	1.380	24.904	0.485/0.991	12.188
56.000	1.245	0.085	1.282	23.260	0.515/0.985	12.161
58.000	1.162	0.079	1.187	21.706	0.545/0.979	12.084

A_1, A_2 は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A_1 : 湿潤土面積(m²)

A_2 : 水中土面積(m²)

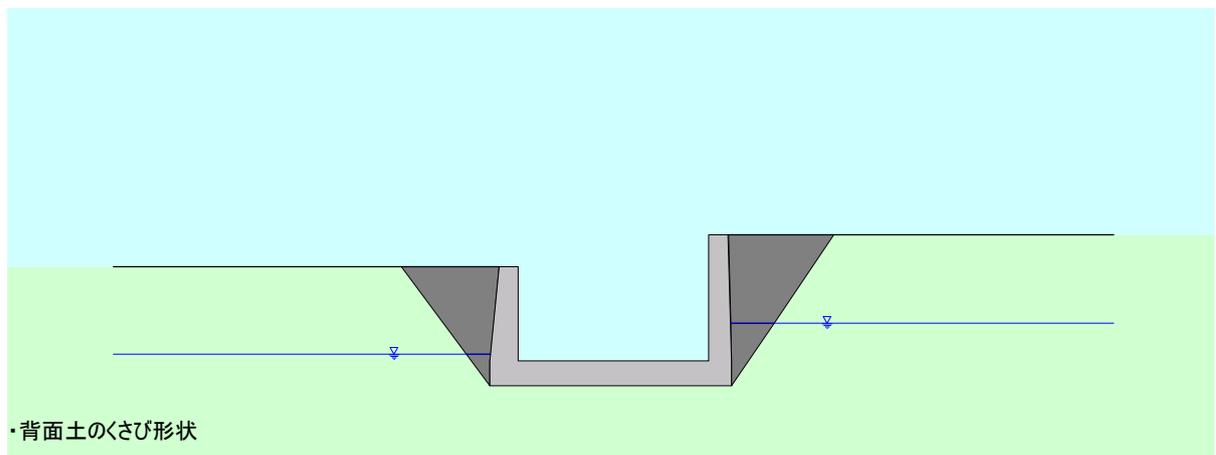
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 56.200(°)、左 53.720(°)となり、主働土圧は右 14.597(kN/m)、左 12.197(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

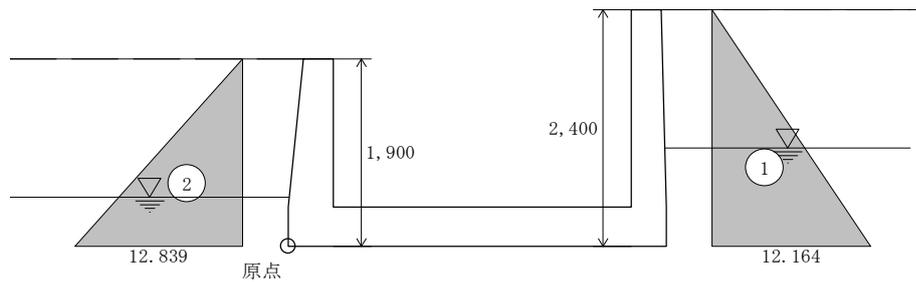
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$12.164 \times 2.400 \div 2$	14.597	5.284	13.604	3.800	0.800	20.079	10.883
2	$12.839 \times 1.900 \div 2$	12.197	4.403	-11.368		0.633		-7.196
合計		26.794	9.687	2.236			20.079	3.687

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m ³)	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			86.019	0.000

6) 安全率の算出

浮上に対する検討は、式(1)の条件が満足しなければならない。

$$F_s \leq (\Sigma V + P_v) / (P \cdot L) \dots\dots\dots (1)$$

$$F_s = (96.346 + 99.100 + 9.687 \times 0.5) / (7.350 \times 3.800) \geq 1.200$$
$$= 7.171 \geq 1.200 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

ここに、

ΣV : 躯体の自重(水路上面荷重を含む) (kN/m)

P_v : 土圧の壁面摩擦による鉛直成分 (kN/m)

ただし、浮上の検討においては安全側に考え、50%を計上する。

P : 静水圧 (kN/m²)

L : 作用幅 (m)

3.2 地盤支持力に対する検討

1) 諸条件

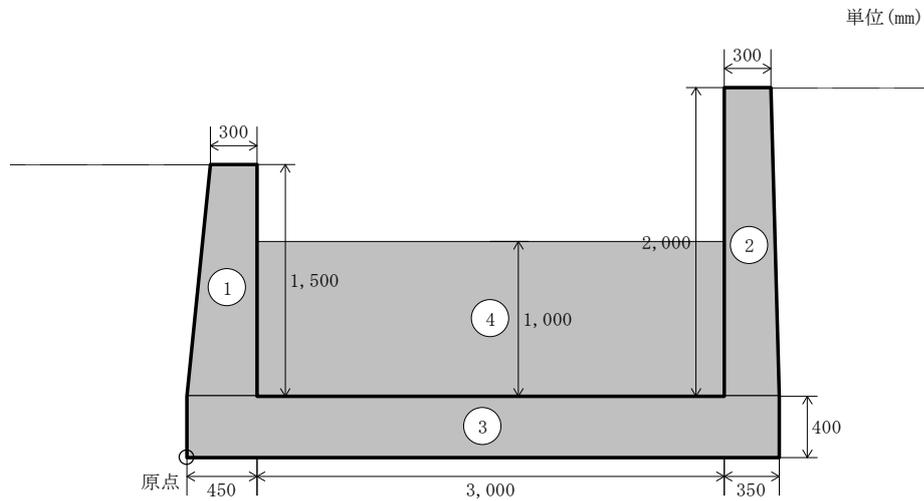
項目	記号	値	単位	備考
許容支持力	q_a	382.410	kN/m ²	

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含める。
- ・地下水圧を考慮しない。
- ・地下水位以下の土砂重量を湿潤土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含めない。

2) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	—	10.000	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
合計				10.000	—	kN/m ²	

3) 自重の算出



番号	計算式	荷重 (kN)	荷重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN·m)	M_y (kN·m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	0.000

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_A を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	44.406	0.342/1.000	15.187
52.000	1.905	0.395	1.875	41.400	0.375/1.000	15.525
54.000	1.775	0.368	1.744	38.574	0.407/0.999	15.715
56.000	1.651	0.342	1.619	35.874	0.438/0.996	15.776
56.199	1.639	0.339	1.607	35.604	0.441/0.996	15.764
56.200	1.639	0.339	1.607	35.604	0.442/0.996	15.800
56.201	1.639	0.339	1.607	35.604	0.442/0.996	15.800
57.000	1.591	0.329	1.559	34.560	0.454/0.995	15.769
58.000	1.533	0.317	1.500	33.300	0.469/0.993	15.728

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	45.229	0.423/0.998	19.170
52.000	1.425	0.098	1.484	42.258	0.454/0.995	19.282
53.000	1.378	0.095	1.432	40.832	0.469/0.993	19.285
53.391	1.360	0.093	1.412	40.269	0.475/0.992	19.282
53.392	1.360	0.093	1.411	40.269	0.476/0.992	19.323
53.393	1.360	0.093	1.411	40.268	0.476/0.992	19.322
54.000	1.333	0.091	1.380	39.436	0.485/0.991	19.300
56.000	1.245	0.085	1.282	36.756	0.515/0.985	19.218
58.000	1.162	0.079	1.187	34.211	0.545/0.979	19.045

A_1, A_2 は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A_1 : 湿潤土面積(m²)

A_2 : 水中土面積(m²)

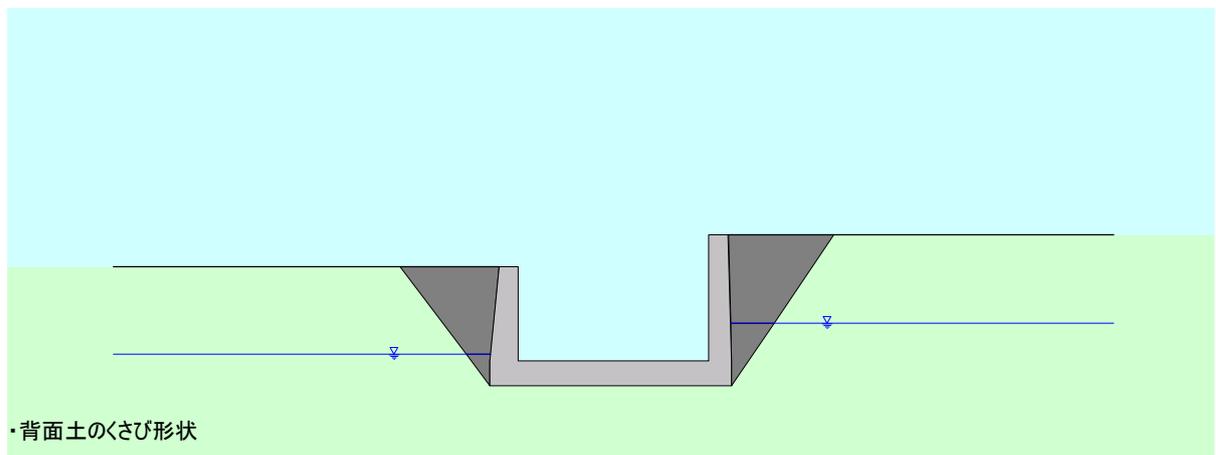
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 56.200(°)、左 53.392(°)となり、主働土圧は右 15.800(kN/m)、左 19.323(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

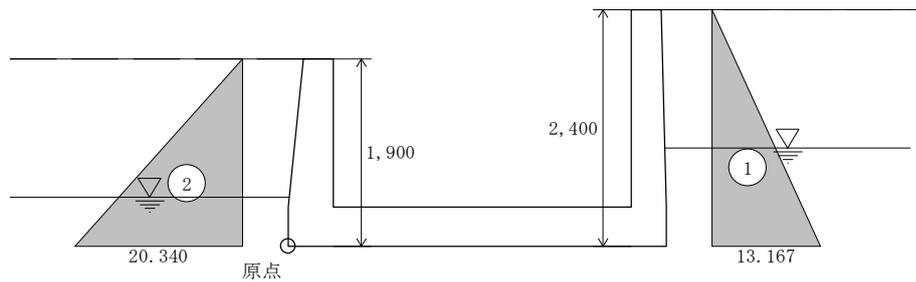
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$13.167 \times 2.400 \div 2$	15.800	5.720	14.726	3.800	0.800	21.736	11.781
2	$20.340 \times 1.900 \div 2$	19.323	6.976	-18.009		0.633		-11.400
合計		35.123	12.696	-3.283			21.736	0.381

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m ³)	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			86.019	0.000

6) 地盤支持力の検討

基礎地盤支持力の検討は、式(3)および式(4)による。

・合力の作用点が中央1/3内にあるとき

$$q_1 = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L) \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

$$q_2 = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

$$q_1 \leq q_a \text{ しかも } q_2 \leq q_a \quad \dots\dots\dots (3)$$

・合力の作用点が中央1/3以外にあるとき

$$q_{\max} = 4/3 \cdot \{ \Sigma V / (L - 2e) \} \leq q_a \quad \dots\dots\dots (4)$$

・共通

$$e = | L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V |$$

ここに、

- q_1, q_2 : 底版の両端における反力強度 (kN/m²)
- q_{\max} : 最大地盤反力度 (kN/m²)
- q_a : 許容地盤支持力度 (kN/m²)
- L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
- e : ΣV の作用点の偏心距離 (m)
- ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)
- 土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。
- ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	96.346		189.206	
土圧および載荷重	12.696	-3.283	21.736	0.381
水路上面荷重	99.100		86.019	
合 計	208.142	-3.283	296.961	0.381

$$e = | 3.800 / 2 - (296.961 - 0.381) / 208.142 |$$

$$= 0.475 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.900m)の1/3(0.633m)内にあるため、式(3)にて地盤反力を検討する。

$$q_1 = 208.142 / 3.800 \times (1 + 6 \times 0.475 / 3.800)$$

$$= 95.855 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 208.142 / 3.800 \times (1 - 6 \times 0.475 / 3.800)$$

$$= 13.694 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、 $q_{\max} = 95.855 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ となる。

$$q_{\max} = 95.855 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 382.410 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

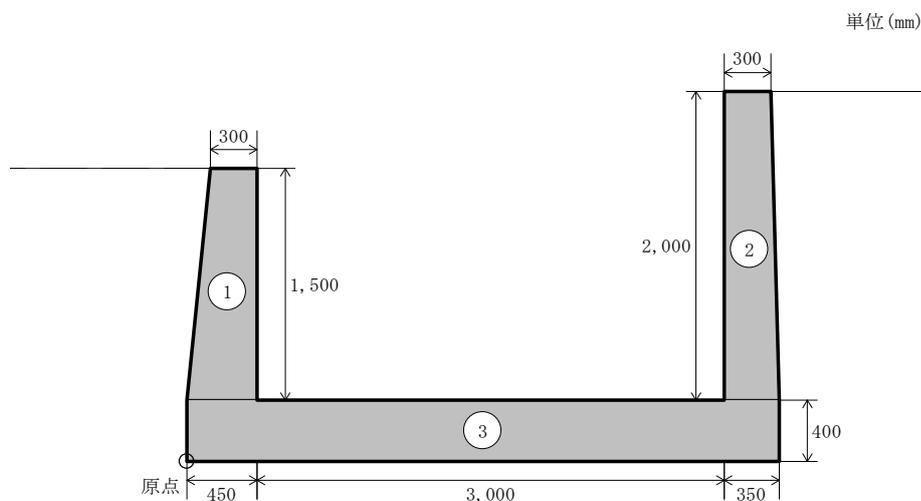
3.3 転倒に対する検討

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を考慮する。

1) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	—	10.000	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
合計				10.000	—	kN/m ²	

2) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		66.946	66.946	0.000			131.876	0.000

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

3) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_A を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	41.014	0.342/1.000	14.027
52.000	1.905	0.395	1.875	38.240	0.375/1.000	14.340
54.000	1.775	0.368	1.744	35.630	0.407/0.999	14.516
56.000	1.651	0.342	1.619	33.138	0.438/0.996	14.573
56.199	1.639	0.339	1.607	32.892	0.441/0.996	14.564
56.200	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
56.201	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
57.000	1.591	0.329	1.559	31.928	0.454/0.995	14.568
58.000	1.533	0.317	1.500	30.764	0.469/0.993	14.530

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	44.389	0.423/0.998	18.814
52.000	1.425	0.098	1.484	41.474	0.454/0.995	18.924
53.000	1.378	0.095	1.432	40.072	0.469/0.993	18.926
53.391	1.360	0.093	1.412	39.525	0.475/0.992	18.926
53.392	1.360	0.093	1.411	39.525	0.476/0.992	18.966
53.393	1.360	0.093	1.411	39.524	0.476/0.992	18.965
54.000	1.333	0.091	1.380	38.708	0.485/0.991	18.944
56.000	1.245	0.085	1.282	36.076	0.515/0.985	18.862
58.000	1.162	0.079	1.187	33.579	0.545/0.979	18.693

A_1, A_2 は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A_1 : 湿潤土面積(m²)

A_2 : 水中土面積(m²)

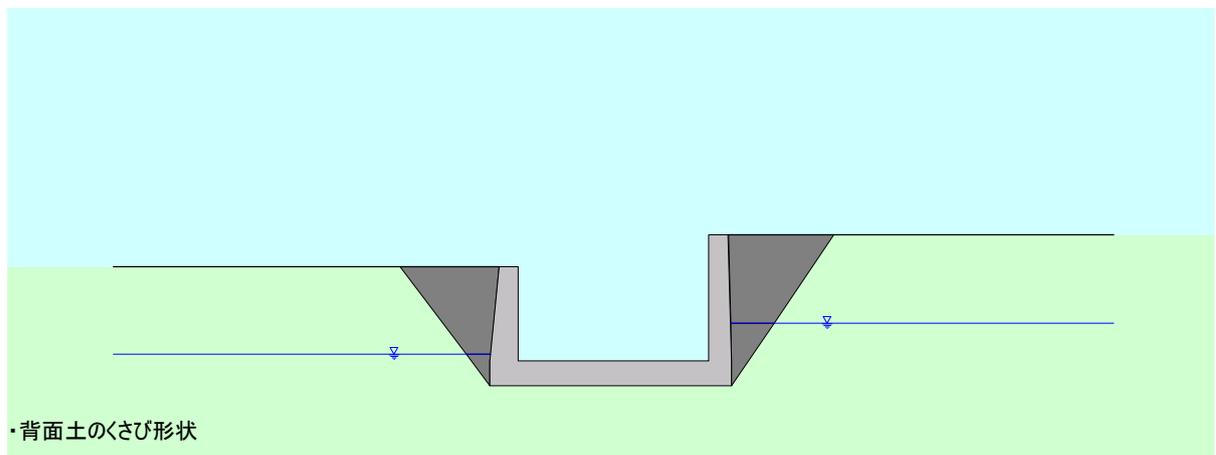
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 56.200(°)、左 53.392(°)となり、主働土圧は右 14.597(kN/m)、左 18.966(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

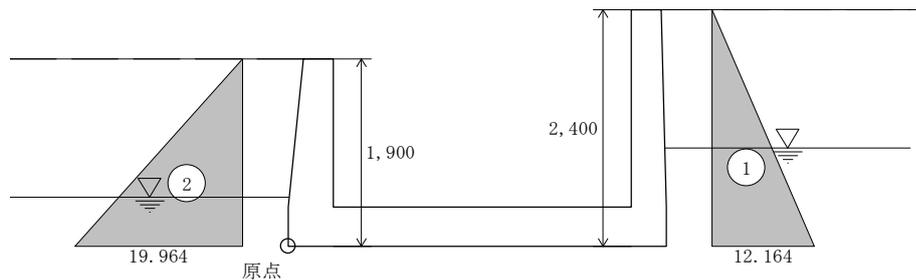
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	Δ X (m)	Δ Y (m)	M _X (kN・m)	M _Y (kN・m)
1	12.164 × 2.400 ÷ 2	14.597	5.284	13.604	3.800	0.800	20.079	10.883
2	19.964 × 1.900 ÷ 2	18.966	6.847	-17.676		0.633		-11.189
合計		33.563	12.131	-4.072			20.079	-0.306

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

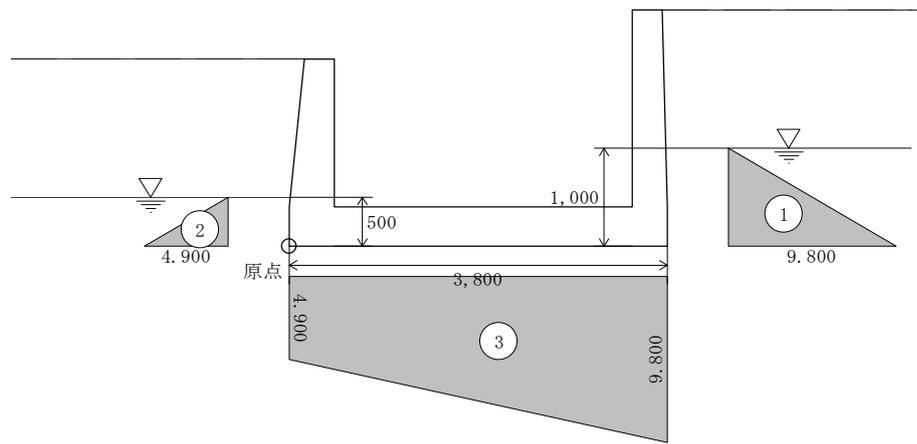
4) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	Δ X	Δ Y	M _X	M _Y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m ³)	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
合計		44.100	0.000			85.995	0.000

5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

6) 転倒に対する検討

構造物の転倒に対する安定条件は、以下の値を満足するものでなければならない。

- ① $L/2 < e$ ならば、構造物は転倒する。
 - ② $L/6 < e \leq L/2$ ならば、転倒はしないが構造物底面に引張応力が生ずる。
- したがって、転倒に対する安定条件は、式(5)を満足させる必要がある。

$$\text{常 時} : e \leq L/6 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	66.946		131.876	
土圧および載荷重	12.131	-4.072	20.079	-0.306
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427
水路上面荷重	44.100		85.995	
合 計	95.247	-0.397	178.990	1.121

$$e = |3.800 / 2 - (178.990 - 1.121) / 95.247|$$

$$= 0.033 \text{ (m)}$$

$$L/6 = 3.800 / 6$$

$$= 0.633 \text{ (m)}$$

$$e = 0.033 \text{ (m)} \leq L/6 = 0.633 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

3.4 滑動に対する検討

1) 諸条件

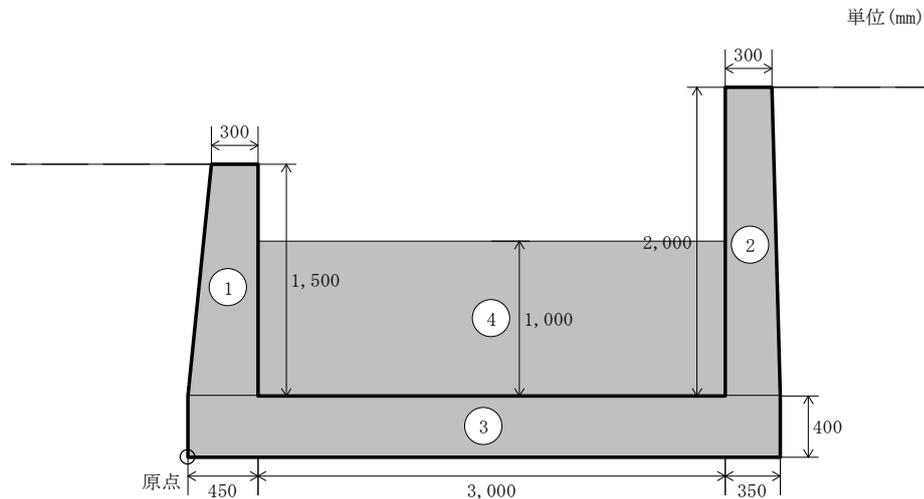
項目	記号	値	単位	備考
安全率	F_s	1.500		
底面と地盤との摩擦係数	F	0.577		$\tan \phi$

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含める。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を考慮する。

2) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
合計						kN/m ²	

3) 自重の算出



番号	計算式	荷重 (kN)	荷重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	0.000

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_A を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	41.014	0.342/1.000	14.027
52.000	1.905	0.395	1.875	38.240	0.375/1.000	14.340
54.000	1.775	0.368	1.744	35.630	0.407/0.999	14.516
56.000	1.651	0.342	1.619	33.138	0.438/0.996	14.573
56.199	1.639	0.339	1.607	32.892	0.441/0.996	14.564
56.200	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
56.201	1.639	0.339	1.607	32.892	0.442/0.996	14.597
57.000	1.591	0.329	1.559	31.928	0.454/0.995	14.568
58.000	1.533	0.317	1.500	30.764	0.469/0.993	14.530

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	28.446	0.423/0.998	12.057
52.000	1.425	0.098	1.484	26.630	0.454/0.995	12.151
53.000	1.378	0.095	1.432	25.754	0.469/0.993	12.164
53.719	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
53.720	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
53.721	1.345	0.092	1.395	25.130	0.481/0.991	12.197
54.000	1.333	0.091	1.380	24.904	0.485/0.991	12.188
56.000	1.245	0.085	1.282	23.260	0.515/0.985	12.161
58.000	1.162	0.079	1.187	21.706	0.545/0.979	12.084

A_1, A_2 は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

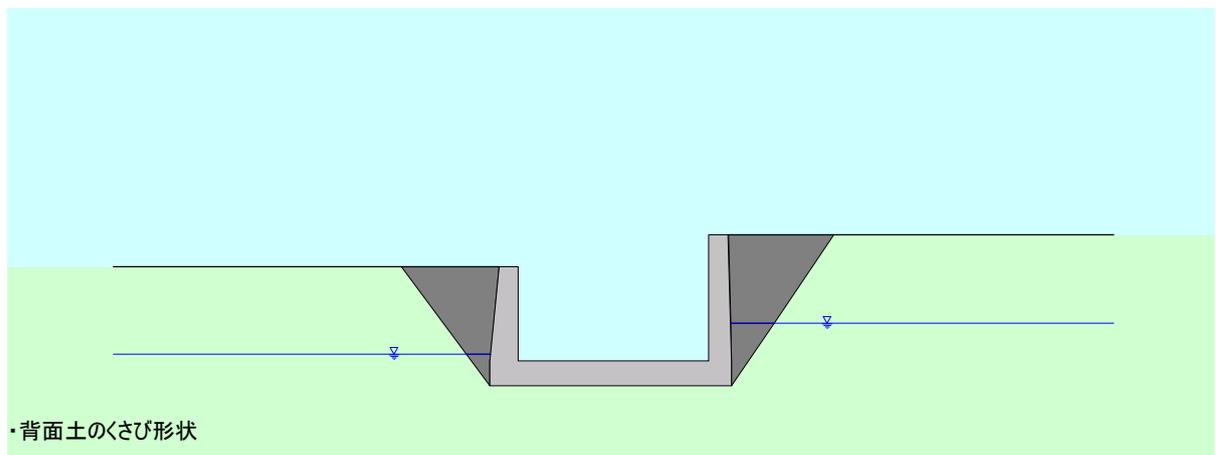
$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

- ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)
- A_1 : 湿潤土面積(m²)
- A_2 : 水中土面積(m²)
- L : 荷重作用長(m)
- W : くさび重量(kN/m)
- K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$
- P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 56.200(°)、左 53.720(°)となり、主働土圧は右 14.597(kN/m)、左 12.197(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

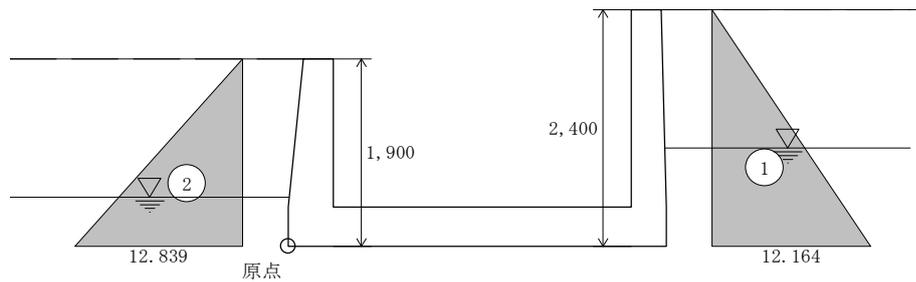
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位 (mm)



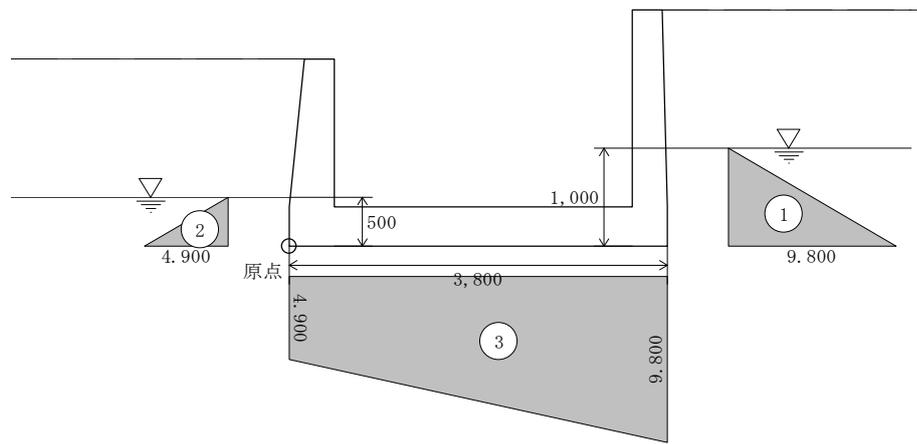
番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$12.164 \times 2.400 \div 2$	14.597	5.284	13.604	3.800	0.800	20.079	10.883
2	$12.839 \times 1.900 \div 2$	12.197	4.403	-11.368		0.633		-7.196
合計		26.794	9.687	2.236			20.079	3.687

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

6) 滑動に対する検討

滑動に対する安定条件は、式(6)を満足するものでなければならない。

$$F_s = R_H / \Sigma H \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_H = \Sigma V \cdot F$$

ここに、

R_H : 滑動抵抗力 (kN/m)

ΣH : 全水平力 (kN/m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量・浮力も含む。

F_s : 安全率

F : 底面と基礎地盤との摩擦係数

$$F = \tan \phi$$

ただし、 $\phi = \phi_R$

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	96.346		189.206	
土圧および載荷重	9.687	2.236	20.079	3.687
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427
合 計	78.103	5.911	150.325	5.114

$$\phi = \phi_R = 30.000$$

$$\begin{aligned} F_s &= \Sigma V \cdot \tan \phi / \Sigma H \geq 1.500 \\ &= 78.103 \times \tan 30.000 / 5.911 \geq 1.500 \\ &= 78.103 \times 0.577 / 5.911 \geq 1.500 \\ &= 7.624 \geq 1.500 \quad \dots\dots\dots \mathbf{OK} \end{aligned}$$

3.5 総合判定（常時の安定計算）

- ・ 浮上に対する検討の結果

浮上に対する検討で計算された安全率=7.171が、設定された安全率=1.200以上となるため。

…………… **OK**

- ・ 地盤支持力に対する検討の結果

算出された最大地盤反力 95.855(kN/m²)が、設定されている許容支持力 382.410(kN/m²)以下のため。

…………… **OK**

- ・ 転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.033(m)が、基礎面の長さ 3.800(m)の1/6 以下にあるため。

…………… **OK**

- ・ 滑動に対する検討の結果

滑動に対する検討で計算された安全率=7.624が、設定された安全率=1.500以上となるため。

…………… **OK**

4 地震時の設計条件

土圧公式は、「試行くさび法」にて算出する。

項 目	記号	値	単位	備 考
設計水平震度	K_h	0.160		
設計鉛直震度	K_v	0.000		
土の内部摩擦角度	ϕ_R	30.000	°	右側
土の内部摩擦角度	ϕ_L	25.000	°	左側
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角（右側）	δ_R	15.000	°	計算値
側壁面又は仮想背面と土との摩擦角（左側）	δ_L	12.500	°	計算値
壁背面の傾斜角（右側）	θ_R	88.807	°	計算値
壁背面の傾斜角（左側）	θ_L	85.486	°	計算値
地震時合成角度	θ_0	9.090	°	計算値

【側壁面又は仮想背面との摩擦角】

地震時における壁面摩擦角の値は、壁面の傾斜や張出しの有無に関係なく
 $\delta = 1/2\phi$ とする。

・右側

したがって、 $\delta_R = 15.000$

・左側

したがって、 $\delta_L = 12.500$

【壁背面の傾斜角】

側壁背面の傾斜角の計算は、「設計条件」－「土質条件」を参照。

【地震時合成角】

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1}\{K_h / (1 - K_v)\} \\ &= \tan^{-1}\{0.160 / (1.0 - 0.000)\} \\ &= 9.090\end{aligned}$$

【試行くさび法】

・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 ω の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧（ P_{AER} 、 P_{AEL} ）とする。

・受働土圧

$$P_P = \frac{\sin(\omega + \phi - \theta_0)}{\cos(\omega + \phi + \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 ω の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最小値を受働土圧（ P_{PER} 、 P_{PEL} ）とする。

5 地震時安定計算

5.1 地盤支持力に対する検討（地震時）

1) 諸条件

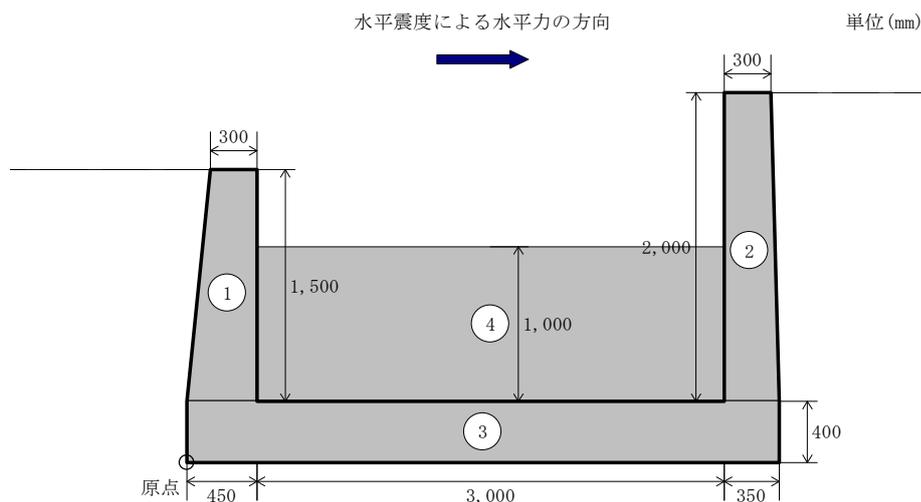
項目	記号	値	単位	備考
地震時許容支持力	q_a	573.615	kN/m ²	

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含める。
- ・地下水圧を考慮しない。
- ・地下水位以下の土砂重量を湿潤土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を含まない。
- ・地震時動水圧を考慮する。

2) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	—	10.000	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
合計				10.000	—	kN/m ²	

3) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

番号	計算式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_X (kN・m)	M_Y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	-2.205	0.260	1.100	3.583	-2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	-2.548	3.613	1.374	57.537	-3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	-5.958	1.900	0.200	70.756	-1.192
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	-10.711			189.206	-7.119

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

4) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_{AE} を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	62.676	0.327/0.982	20.871
42.000	2.689	0.560	2.665	58.482	0.360/0.985	21.374
44.000	2.510	0.522	2.485	54.576	0.392/0.987	21.676
46.000	2.344	0.487	2.318	50.958	0.424/0.987	21.891
47.000	2.265	0.471	2.238	49.248	0.440/0.987	21.955
47.119	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
47.120	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
47.121	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
48.000	2.188	0.455	2.161	47.574	0.455/0.987	21.931

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	63.377	0.408/0.987	26.198
42.000	1.978	0.139	2.110	59.208	0.440/0.987	26.395
43.000	1.914	0.135	2.038	57.257	0.455/0.987	26.395
43.393	1.889	0.133	2.010	56.493	0.461/0.987	26.386
43.394	1.889	0.133	2.010	56.492	0.462/0.987	26.443
43.395	1.889	0.133	2.010	56.491	0.462/0.987	26.443
44.000	1.852	0.130	1.968	55.351	0.471/0.987	26.414
46.000	1.734	0.121	1.835	51.738	0.501/0.985	26.315
48.000	1.625	0.113	1.711	48.392	0.531/0.982	26.167

A_1, A_2 は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A_1 : 湿潤土面積(m²)

A_2 : 水中土面積(m²)

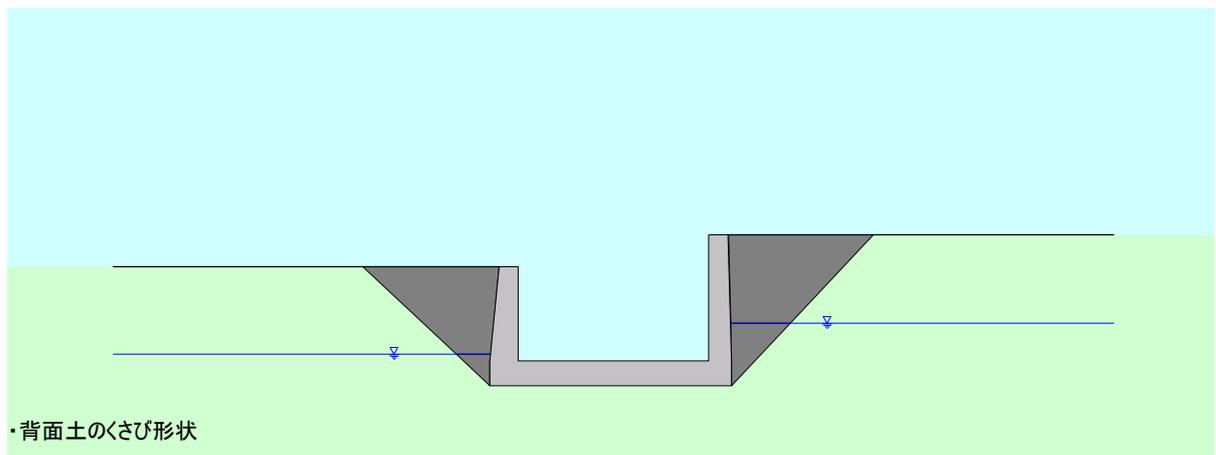
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 47.120(°)、左 43.394(°)となり、主働土圧は右 21.966(kN/m)、左 26.443(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

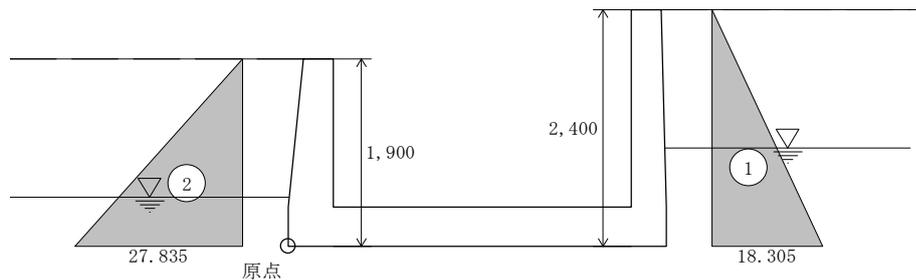
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$18.305 \times 2.400 \div 2$	21.966	6.129	21.087	3.800	0.800	23.290	16.870
2	$27.835 \times 1.900 \div 2$	26.443	7.748	-25.280		0.633		-16.002
合計		48.409	13.877	-4.193			23.290	0.868

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 地震時における地盤支持力の検討

地震時においては、設計水平震度により躯体に対し水平力が生じる。この水平力により、躯体の底版に偏心荷重が作用する。

そのため、基礎地盤支持力の検討は、式(3)および式(4)による。

・合力の作用点が中央1/3内にあるとき

$$q_1 = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L) \quad \dots\dots\dots (3_{-1})$$

$$q_2 = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \quad \dots\dots\dots (3_{-2})$$

$$q_1 \leq q_a \text{ しかも } q_2 \leq q_a \quad \dots\dots\dots (3)$$

・合力の作用点が中央1/3以外にあるとき

$$q_{\max} = 4/3 \cdot \{\Sigma V / (L - 2e)\} \leq q_a \quad \dots\dots\dots (4)$$

・共通

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

- q_1, q_2 : 底版の両端における反力強度 (kN/m²)
- q_{\max} : 最大地盤反力度 (kN/m²)
- q_a : 許容地盤支持力度 (kN/m²)
- L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
- e : ΣV の作用点の偏心距離 (m)
- ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)
土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。
- ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M _x (kN・m)	M _y (kN・m)
自 重	96.346	-10.711	189.206	-7.119
土圧および載荷重	13.877	-4.193	23.290	0.868
水 圧		-1.830		-1.464
合 計	110.223	-16.734	212.496	-7.715

$$e = |3.800 / 2 - \{212.496 - (-7.715)\} / 110.223| = 0.098 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.900m)の1/3(0.633m)内にあるため、式(3)にて地盤反力を検討する。

$$q_1 = 110.223 / 3.800 \times (1 + 6 \times 0.098 / 3.800) = 33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_2 = 110.223 / 3.800 \times (1 - 6 \times 0.098 / 3.800) = 24.518 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

したがって、 $q_{\max} = 33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ となる。

$$q_{\max} = 33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq q_a = 573.615 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

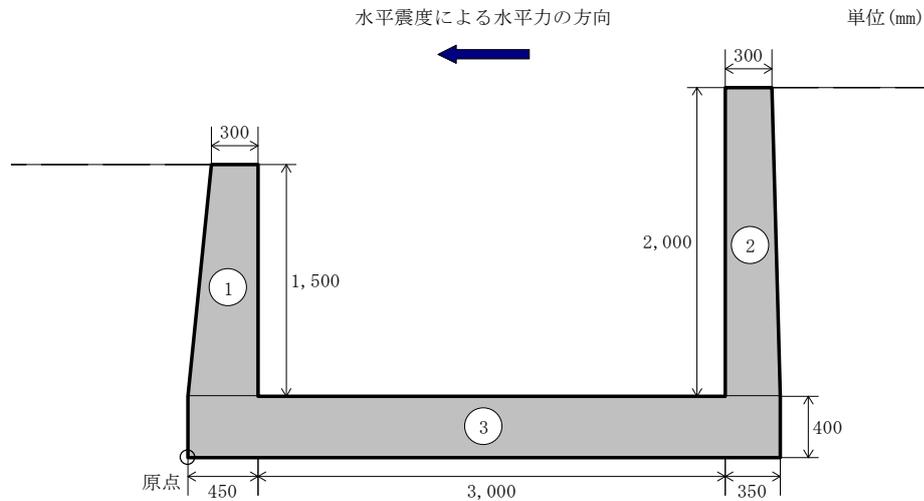
5.2 転倒に対する検討（地震時）

- ・張出し重量を自重に含める。
- ・張出し上の土砂重量を自重に含める。
- ・水路内の水重量を自重に含めない。
- ・地下水圧を考慮する。
- ・地下水位以下の土砂重量を水中土として計算する。
- ・鉛直力に浮力を考慮する。
- ・地震時動水圧を考慮する。

1) 作用する荷重の組み合わせ

項目	値	考慮		採用値		単位	備考
		左	右	左	右		
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	—	—	—	—	kN/m ²	
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000	—	—	—	—	kN/m ²	
合計				—	—	kN/m ²	

2) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

番号	計算式	荷重 (kN)	荷重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	2.205	0.260	1.100	3.583	2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	2.548	3.613	1.374	57.537	3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	5.958	1.900	0.200	70.756	1.192
合計		66.946	66.946	10.711			131.876	7.119

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

3) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_{AE} を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	57.876	0.327/0.982	19.272
42.000	2.689	0.560	2.665	54.002	0.360/0.985	19.737
44.000	2.510	0.522	2.485	50.400	0.392/0.987	20.017
46.000	2.344	0.487	2.318	47.062	0.424/0.987	20.217
47.000	2.265	0.471	2.238	45.480	0.440/0.987	20.275
47.119	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
47.120	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
47.121	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
48.000	2.188	0.455	2.161	43.934	0.455/0.987	20.253

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	39.542	0.408/0.987	16.346
42.000	1.978	0.139	2.110	36.994	0.440/0.987	16.492
43.000	1.914	0.135	2.038	35.802	0.455/0.987	16.504
43.399	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
43.400	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
43.401	1.888	0.133	2.009	35.314	0.462/0.987	16.530
44.000	1.852	0.130	1.968	34.636	0.471/0.987	16.528
46.000	1.734	0.121	1.835	32.422	0.501/0.985	16.491
48.000	1.625	0.113	1.711	30.380	0.531/0.982	16.427

A_1, A_2 は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A_1 : 湿潤土面積(m²)

A_2 : 水中土面積(m²)

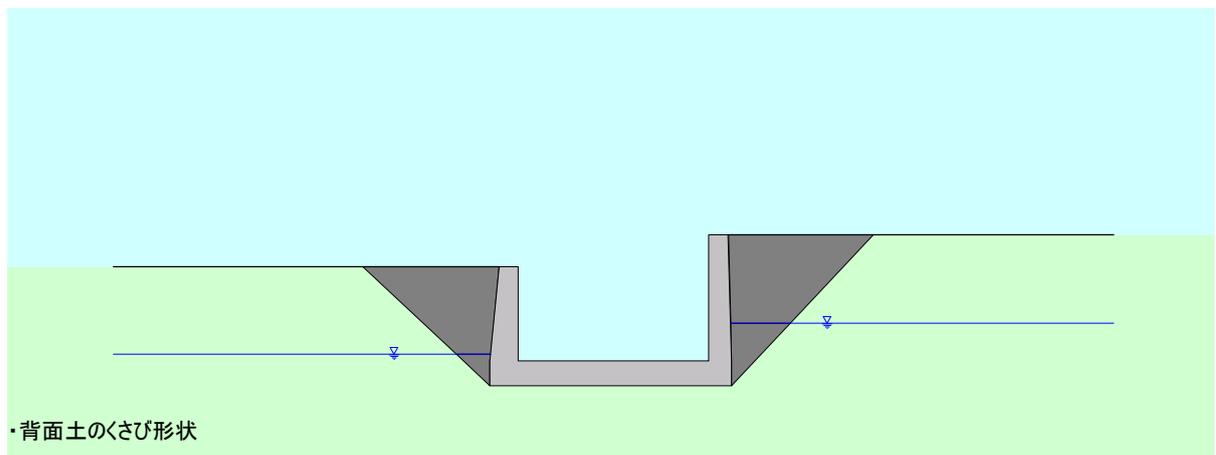
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 47.120(°)、左 43.400(°)となり、主働土圧は右 20.285(kN/m)、左 16.538(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

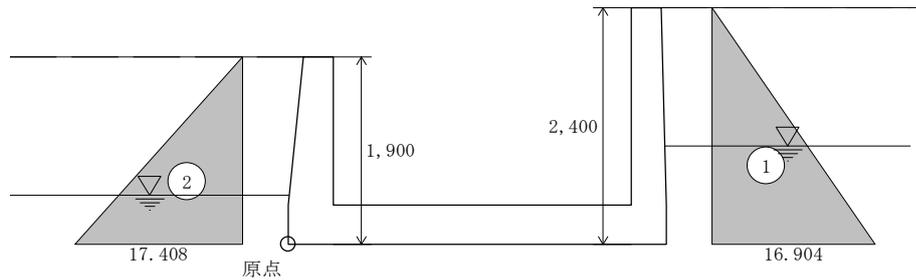
$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \\ \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \\ \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

単位 (mm)

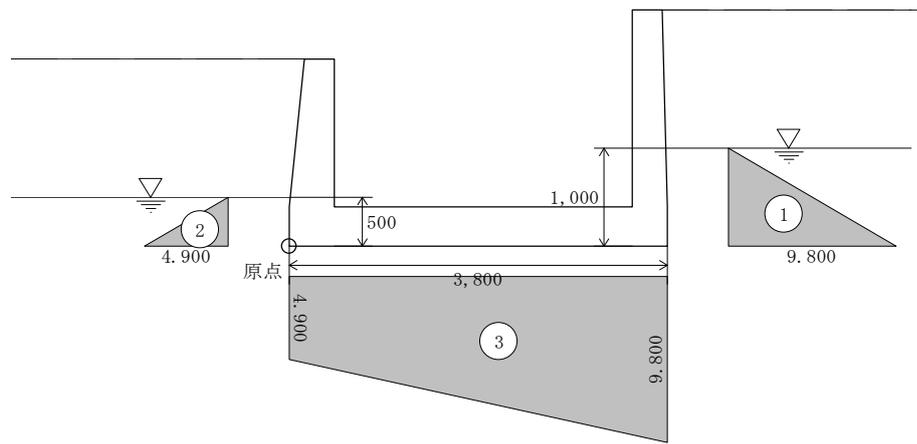


番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$16.904 \times 2.400 \div 2$	20.285	5.660	19.474	3.800	0.800	21.508	15.579
2	$17.408 \times 1.900 \div 2$	16.538	4.846	-15.810		0.633		-10.008
合計		36.823	10.506	3.664			21.508	5.571

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

4) 水圧の算出

$$\begin{aligned} P_{V1} &= \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2 \\ P_{V2} &= \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

5) 地震時における転倒に対する検討

構造物の転倒に対する安定条件は、以下の値を満足するものでなければならない。

- ① $L/2 < e$ ならば、構造物は転倒する。
 - ② $L/6 < e \leq L/2$ ならば、転倒はしないが構造物底面部に引張応力が生ずる。
- したがって、転倒に対する安定条件は、式(5)を満足させる必要がある。

$$\text{地震時} : e \leq L/3 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

- e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)
- L : 底面の長さ (作用幅) (m)
- ΣV : 全鉛直力 (kN/m)
土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。
- ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント	
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
自 重	66.946	10.711	131.876	7.119
土圧および載荷重	10.506	3.664	21.508	5.571
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427
合 計	49.522	18.050	94.424	14.117

$$e = |3.800 / 2 - (94.424 - 14.117) / 49.522|$$

$$= 0.278 \text{ (m)}$$

$$L/3 = 3.800 / 3$$

$$= 1.267 \text{ (m)}$$

$$e = 0.278 \text{ (m)} \leq L/3 = 1.267 \text{ (m)} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

5.3 総合判定（地震時の安定計算）

- ・地盤支持力に対する検討の結果

算出された最大地盤反力 $33.494 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ が、設定されている許容支持力 $573.615 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 以下のため。

…………… **OK**

- ・転倒に対する検討の結果

算出された偏心距離 0.278 (m) が、基礎面の長さ 3.800 (m) の $1/3$ 以下にあるため。

…………… **OK**

6 部材断面の検討

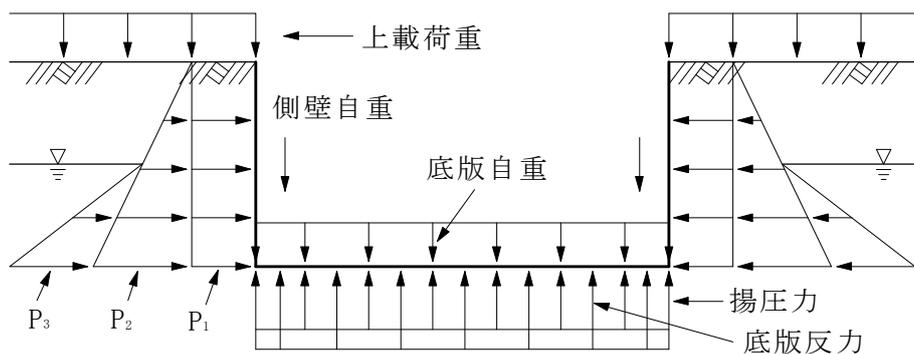
6.1 荷重の組み合わせ（荷重ケース）

荷重		項目	部材断面の検討		備考
			ケース 1	ケース 3	
自重			○	○	
土圧及び 載荷重	埋戻しの状態	湿潤状態	○	○	地下水位より上
		飽和状態	○		地下水位より下
	路面荷重	盛土荷重	○	○	
		自動車荷重	○		
		群集荷重	○		
		雪荷重	○		
		その他			
	水路上面荷重			99.100 (44.100)	99.100 (44.100)
凍上圧					
地下水	側壁に作用する水圧		○		
	揚圧力		○		
フルーム内の充滿水				○	
計算種別			常時/地震時	常時/地震時	

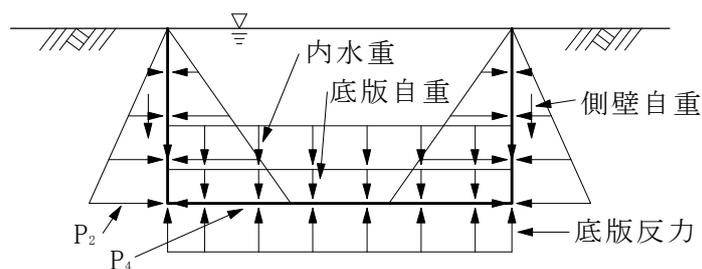
ケース 1：側壁、底版の各部材の外側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

ケース 3：側壁、底版の各部材の内側に最大曲げモーメントが生ずる場合。

(側壁の埋戻し土の反力が期待できる場合)



ケース I



ケース III

【仮想背面との摩擦角 常時】

・右側

部材計算時の壁面摩擦角 δ の値は $(2/3)\phi$ とする。

張出しの長さ

$$T_B = 0.000 \text{ (m)}$$

$$\delta_R = 2/3\phi = 20.000$$

・左側

張出しの長さ

$$T_B = 0.000 \text{ (m)}$$

$$\delta_L = 2/3\phi = 16.667$$

【壁背面の傾斜角】

$$\begin{aligned}\theta_R &= \tan^{-1}\{(H_R + T_3) / (T_{R2} - T_{R1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(2000 + 400) / (350 - 300)\} \\ &= 88.807^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_L &= \tan^{-1}\{(H_L + T_3) / (T_{L2} - T_{L1})\} \\ &= \tan^{-1}\{(1500 + 400) / (450 - 300)\} \\ &= 85.486^\circ\end{aligned}$$

【試行くさび法】

・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 ω の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧 (P_{AR} 、 P_{AL}) とする。

ここに、

ω : すべり面が水平面となす角 ($^\circ$)

W : 土くさびの重量 (上載荷重を含む) (kN/m)

常時の計算においては、地震時合成角度 $\theta_0 = 0$ とする。

【仮想背面との摩擦角 地震時】

地震時における部材計算時の壁面摩擦角 δ の値は $(1/2)\phi$ とする。

・右側

したがって、 $\delta_R = 15.000$

・左側

したがって、 $\delta_L = 12.500$

【壁背面の傾斜角】

側壁背面の傾斜角の計算は、「設計条件」 - 「土質条件」を参照。

【地震時合成角】

$$\begin{aligned}\theta_0 &= \tan^{-1}\{K_h / (1 - K_v)\} \\ &= \tan^{-1}\{0.160 / (1.0 - 0.000)\} \\ &= 9.090\end{aligned}$$

・主働土圧

$$P_A = \frac{\sin(\omega - \phi + \theta_0)}{\cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0} W$$

上記式に対し、左右それぞれの値を代入し、 ω の値を変化させ求まる左右の土圧それぞれにおける最大値を主働土圧 (P_{AER} 、 P_{AEL}) とする。

7 部材断面力計算

7.1 荷重組み合わせパターン（常時：ケース1）

1) 検討位置

右側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)
	1	側壁高の1/3	1.467	1.467	0.067	—	—
	2	底版の上面	2.000	2.000	0.600	—	—
3	側壁付根	2.200	2.200	0.800	—	—	
左側壁	記号	位置	h(m)	hd(m)	ho(m)	hi(m)	ha(m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	—	—
	5	底版の上面	1.500	1.500	0.100	—	—
6	側壁付根	1.700	1.700	0.300	—	—	
底版	記号	位置	LL(m)		LR(m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.354		2.046		
	9	反力ゼロの位置	2.961		0.439		
10	右側壁付け根	3.400		0.000			

h : 天端からの距離

hd: 土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho: 影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底版厚}$

hi: 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha: 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL: 左端からの距離

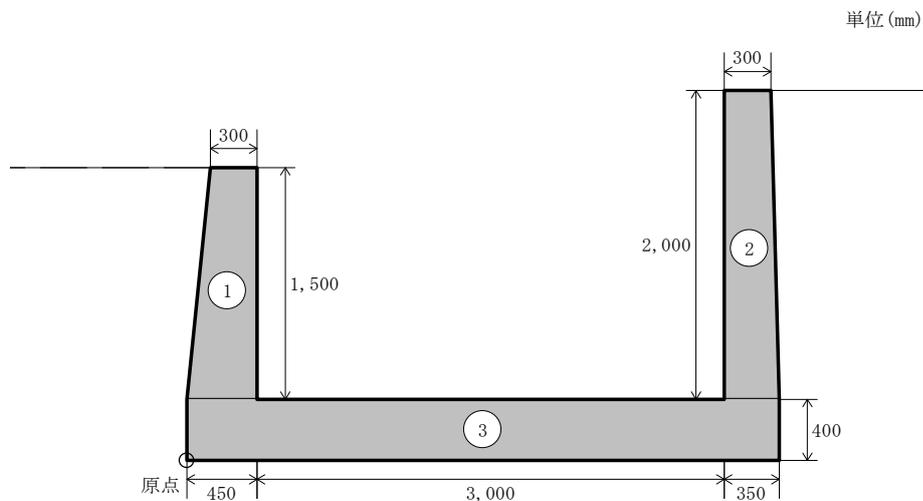
LR: 右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000	○	10.000		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—	○	3.000
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計		10.000		3.000	

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
合計		66.946	66.946	0.000			131.876	0.000

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_A を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	47.056	0.342/1.000	16.093
52.000	1.905	0.395	1.875	43.865	0.375/1.000	16.449
54.000	1.775	0.368	1.744	40.861	0.407/0.999	16.647
56.000	1.651	0.342	1.619	37.994	0.438/0.996	16.708
56.199	1.639	0.339	1.607	37.712	0.441/0.996	16.698
56.200	1.639	0.339	1.607	37.712	0.442/0.996	16.736
56.201	1.639	0.339	1.607	37.712	0.442/0.996	16.736
57.000	1.591	0.329	1.559	36.604	0.454/0.995	16.702
58.000	1.533	0.317	1.500	35.263	0.469/0.993	16.655

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	44.389	0.423/0.998	18.814
52.000	1.425	0.098	1.484	41.474	0.454/0.995	18.924
53.000	1.378	0.095	1.432	40.072	0.469/0.993	18.926
53.391	1.360	0.093	1.412	39.525	0.475/0.992	18.926
53.392	1.360	0.093	1.411	39.525	0.476/0.992	18.966
53.393	1.360	0.093	1.411	39.524	0.476/0.992	18.965
54.000	1.333	0.091	1.380	38.708	0.485/0.991	18.944
56.000	1.245	0.085	1.282	36.076	0.515/0.985	18.862
58.000	1.162	0.079	1.187	33.579	0.545/0.979	18.693

A₁, A₂は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A₁ : 湿潤土面積(m²)

A₂ : 水中土面積(m²)

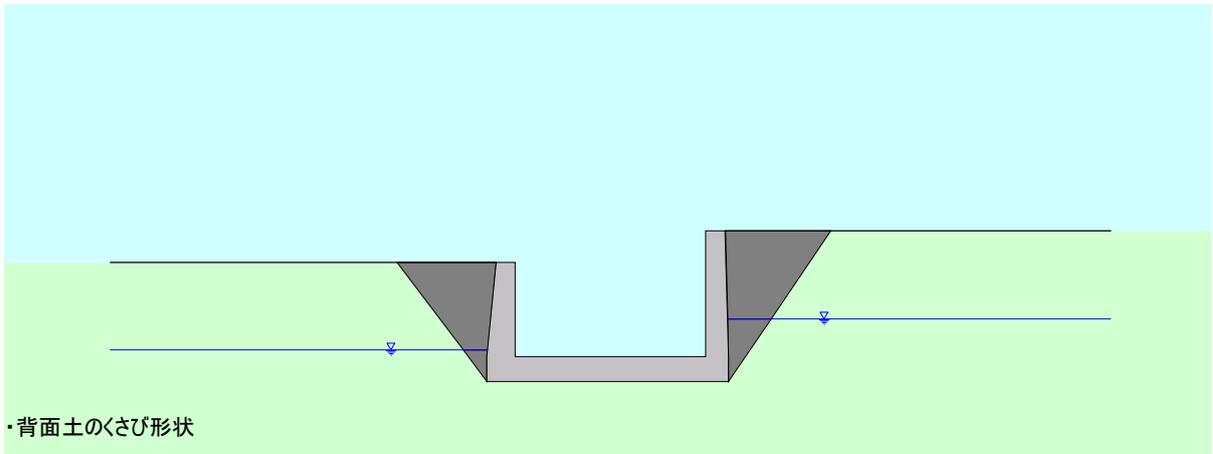
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 56.200(°)、左 53.392(°)となり、主働土圧は右 16.736(kN/m)、左 18.966(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

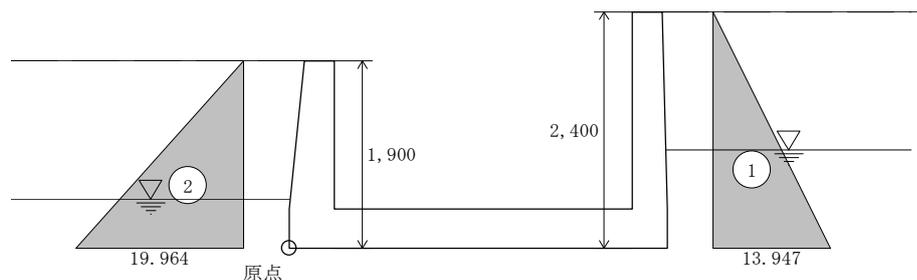
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$13.947 \times 2.400 \div 2$	16.736	6.058	15.598	3.800	0.800	23.020	12.478
2	$19.964 \times 1.900 \div 2$	18.966	6.847	-17.676		0.633		-11.189
合計		35.702	12.905	-2.078			23.020	1.289

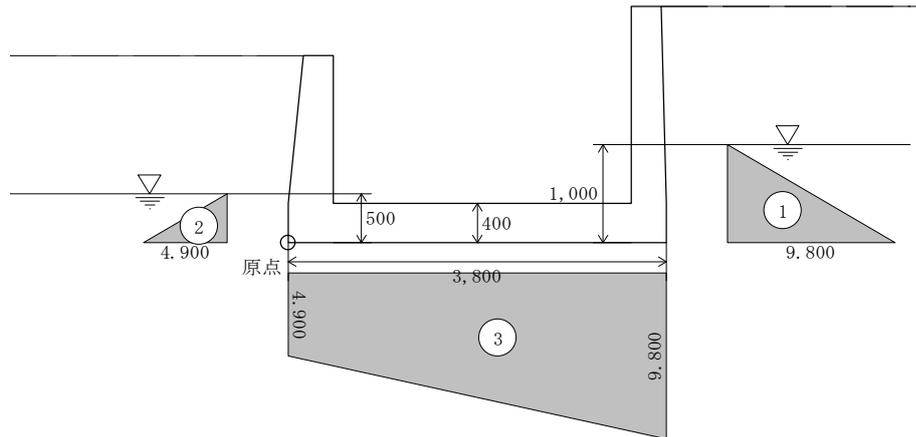
「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

6) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m ³)	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			85.995	0.000

7) 偏心距離および底版反力の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

- e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)
- L : 底面の長さ (作用幅) (m)
- ΣV : 全鉛直力 (kN/m)
土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。
- ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)
- ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	66.946		131.876		29.706
土圧および載荷重	12.905	-2.078	23.020	1.289	12.905
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427	
水路上面荷重	99.100		85.995		99.100
合 計	151.021	1.597	181.931	2.716	141.711

$$e = 3.800 / 2 - (181.931 - 2.716) / 151.021$$

$$= 0.713 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)外にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$q = 4/3 \cdot \{\Sigma V / (L - 2e)\}$$

ここに、

- q : 底版の反力強度 (kN/m²)
- L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)
- e : ΣV の作用点の偏心距離[絶対値] (m)
- ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)

このときの基礎面の長さ (作用幅) は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重と水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。

浮力 (又は揚圧力) は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

また、水路上面に上載荷重 $Q_c=99.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$q_L = 4 / 3 \cdot \{141.711 / (3.400 - 2 \times 0.713)\}$$

$$= 95.718 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

このときの底盤反力は、三角形にて作用する。その時の三角形の作用幅は、次式にて求まる。

$$L_q = 3(L/2 - e) = 3 \times (3.400 / 2 - 0.713)$$

$$= 2.961 \text{ (m)}$$

8) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 16.736 / 2.200^2 \\ &= 6.916 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 6.916 \times 1.467^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 \\ &= 7.015 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 6.916 \times 1.467^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 \\ &= 3.420 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 6.916 \times 2.000^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 \\ &= 14.761 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 6.916 \times 2.000^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 \\ &= 9.018 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 6.916 \times 2.200^2 \times \cos 20.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 \\ &= 18.863 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 6.916 \times 2.200^3 \times \cos 20.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 \\ &= 12.369 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 18.966 / 1.700^2 \\ &= 13.125 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L \\ &= 1/2 \times 13.125 \times 1.133^2 \times \cos 16.667 \\ &= 8.070 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L \\ &= 1/6 \times 13.125 \times 1.133^3 \times \cos 16.667 \\ &= 3.048 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 13.125 \times 1.500^2 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 \\ &= 14.195 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 13.125 \times 1.500^3 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 \\ &= 7.074 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 \\ &= 1/2 \times 13.125 \times 1.700^2 \times \cos 16.667 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 \\ &= 18.610 \text{ (kN)} \\ M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 \\ &= 1/6 \times 13.125 \times 1.700^3 \times \cos 16.667 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 \\ &= 10.340 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

9) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 12.369 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 10.340 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= L_q \cdot q_L \cdot \{L_q / (3B_L) - 1\} / 2 + q_L \cdot \chi \cdot \{1 - \chi / (2L_q)\} + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) - 1\} / 2 + 95.718 \times 0.000 \times \{1 - 0.000 / (2 \times 2.961)\} \\ &\quad + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= -99.976 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= L_q \cdot q_L \cdot \chi \cdot \{L_q / (3B_L) + \chi / L_q - \chi^2 / (3q_L^2) - 1\} / 2 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times 0.000 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) + 0.000 / 2.961 - 0.000^2 / (3 \times 2.961^2) - 1\} \\ &\quad / 2 + (12.369 - 10.340) \times 0.000 / 3.400 + 10.340 \\ &= 10.340 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= L_q \cdot q_L \cdot \{L_q / (3B_L) - 1\} / 2 + q_L \cdot \chi \cdot \{1 - \chi / (2L_q)\} + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) - 1\} / 2 + 95.718 \times 1.354 \times \{1 - 1.354 / (2 \times 2.961)\} \\ &\quad + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= L_q \cdot q_L \cdot \chi \cdot \{L_q / (3B_L) + \chi / L_q - \chi^2 / (3q_L^2) - 1\} / 2 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times 1.354 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) + 1.354 / 2.961 - 1.354^2 / (3 \times 2.961^2) - 1\} \\ &\quad / 2 + (12.369 - 10.340) \times 1.354 / 3.400 + 10.340 \\ &= -50.661 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= L_q \cdot q_L \cdot \{L_q / (3B_L) - 1\} / 2 + q_L \cdot \chi \cdot \{1 - \chi / (2L_q)\} + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) - 1\} / 2 + 95.718 \times 2.961 \times \{1 - 2.961 / (2 \times 2.961)\} \\ &\quad + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= 41.734 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= L_q \cdot q_L \cdot \chi \cdot \{L_q / (3B_L) + \chi / L_q - \chi^2 / (3q_L^2) - 1\} / 2 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 2.961 \times 95.718 \times 2.961 \times \{2.961 / (3 \times 3.400) + 2.961 / 2.961 - 2.961^2 / (3 \times 2.961^2) - 1\} \\ &\quad / 2 + (12.369 - 10.340) \times 2.961 / 3.400 + 10.340 \\ &= -5.952 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面10 底版

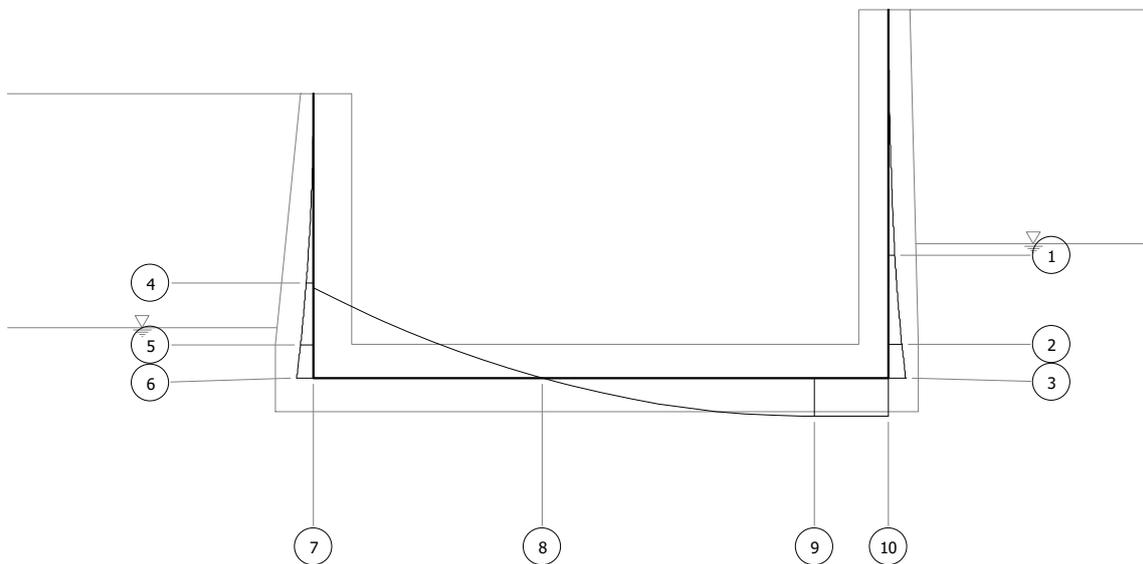
$$\begin{aligned} S_{T10} &= q_L \cdot L_q^2 / (6B_L) + (M_{SR} - M_{SL}) / B_L \\ &= 95.718 \times 2.961^2 / (6 \times 3.400) + (12.369 - 10.340) / 3.400 \\ &= 41.734 \text{ (kN)} \\ M_{T10} &= q_L \cdot L_q^2 \cdot \chi \cdot (1 / B_L - 1 / \chi) / 6 + (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_L \\ &= 95.718 \times 2.961^2 \times 3.400 \times (1 / 3.400 - 1 / 3.400) / 6 + (12.369 - 10.340) \times 3.400 / \\ &\quad 3.400 + 10.340 \\ &= 12.369 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

10) 断面力一覧

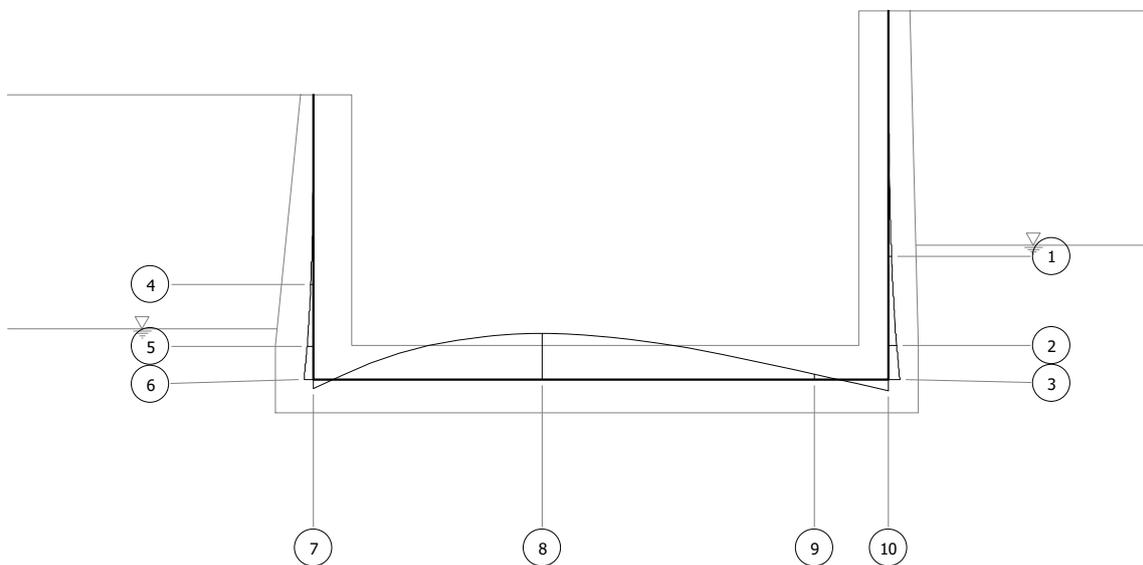
右側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	側壁高の 1 / 3	1.467	7.015	3.420
	2	底版の上面	2.000	14.761	9.018
	3	側壁付根	2.200	18.863	12.369
左側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	4	側壁高の 1 / 3	1.133	8.070	3.048
	5	底版の上面	1.500	14.195	7.074
	6	側壁付根	1.700	18.610	10.340
底版	記号	位置	x (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	7	左側壁付け根	0.000	-99.976	10.340
	8	最大モーメント	1.354	0.000	-50.661
	9	反力ゼロの位置	2.961	41.734	-5.952
10	右側壁付け根	3.400	41.734	12.369	

断面力は荷重方向により以下のように表示する。
 外側：プラス / 内側：マイナス

11) せん断力図



12) 曲げモーメント図



7.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

1) 検討位置

右側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	1	側壁高の1/3	1.467	1.467	—	0.467	0.467
	2	底版の上面	2.000	2.000	—	1.000	1.000
3	側壁付根	2.200	2.200	—	1.000	1.200	
左側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	0.633	0.633
	5	底版の上面	1.500	1.500	—	1.000	1.000
6	側壁付根	1.700	1.700	—	1.000	1.200	
底版	記号	位置	LL (m)		LR (m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.448		1.952		
9	右側壁付け根	3.400		0.000			

h : 天端からの距離

hd: 土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho: 影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底版厚}$

hi: 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha: 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL: 左端からの距離

LR: 右端からの距離

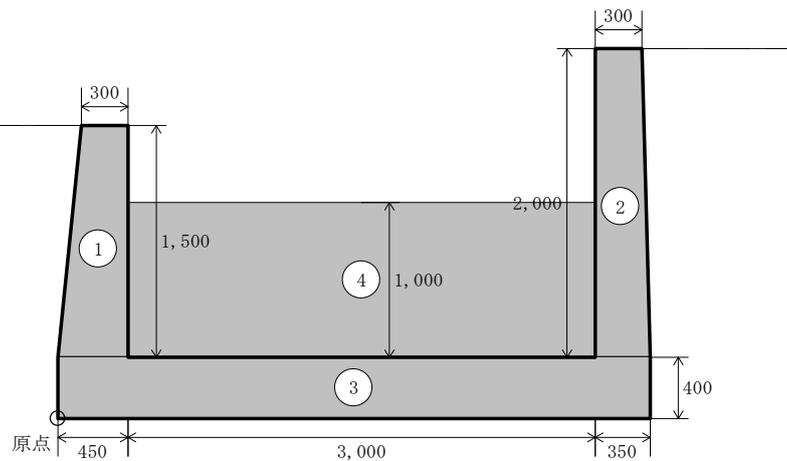
2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—		—
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		—

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出

単位 (mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781		0.260	1.100	3.583	
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925		3.613	1.374	57.537	
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240		1.900	0.200	70.756	
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	0.000			189.206	0.000

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_A を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	2.043	0.424	2.014	44.406	0.342/1.000	15.187
52.000	1.905	0.395	1.875	41.400	0.375/1.000	15.525
54.000	1.775	0.368	1.744	38.574	0.407/0.999	15.715
56.000	1.651	0.342	1.619	35.874	0.438/0.996	15.776
56.199	1.639	0.339	1.607	35.604	0.441/0.996	15.764
56.200	1.639	0.339	1.607	35.604	0.442/0.996	15.800
56.201	1.639	0.339	1.607	35.604	0.442/0.996	15.800
57.000	1.591	0.329	1.559	34.560	0.454/0.995	15.769
58.000	1.533	0.317	1.500	33.300	0.469/0.993	15.728

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
50.000	1.522	0.105	1.594	29.286	0.423/0.998	12.413
52.000	1.425	0.098	1.484	27.414	0.454/0.995	12.508
54.000	1.333	0.091	1.380	25.632	0.485/0.991	12.544
54.111	1.328	0.091	1.375	25.542	0.487/0.990	12.565
54.112	1.328	0.091	1.375	25.542	0.487/0.990	12.565
54.113	1.328	0.091	1.375	25.542	0.487/0.990	12.565
55.000	1.288	0.088	1.330	24.768	0.500/0.988	12.534
56.000	1.245	0.085	1.282	23.940	0.515/0.985	12.517
58.000	1.162	0.079	1.187	22.338	0.545/0.979	12.435

A₁, A₂は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A₁ : 湿潤土面積(m²)

A₂ : 水中土面積(m²)

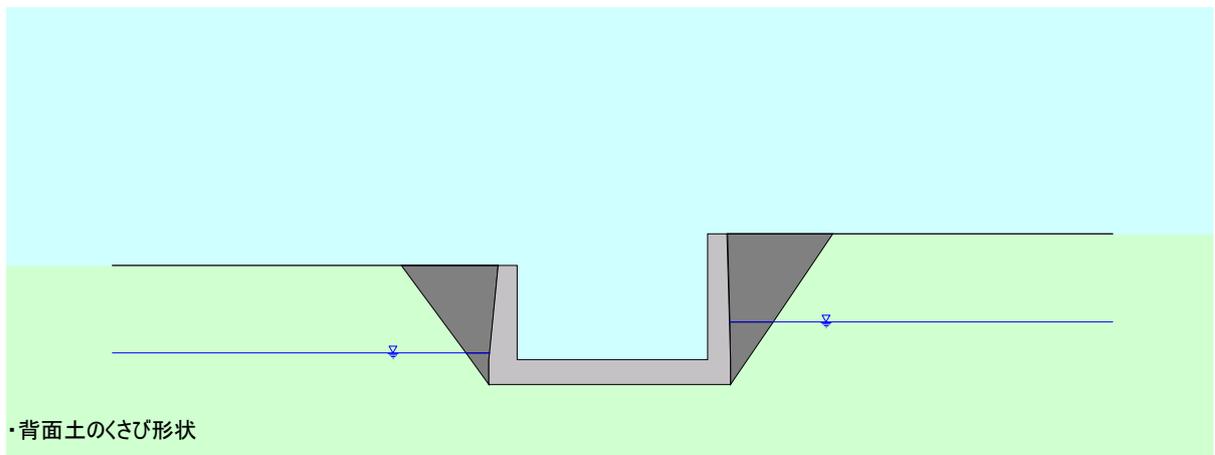
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 56.200(°)、左 54.112(°)となり、主働土圧は右 15.800(kN/m)、左 12.565(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.362 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(20.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.932 \end{aligned}$$

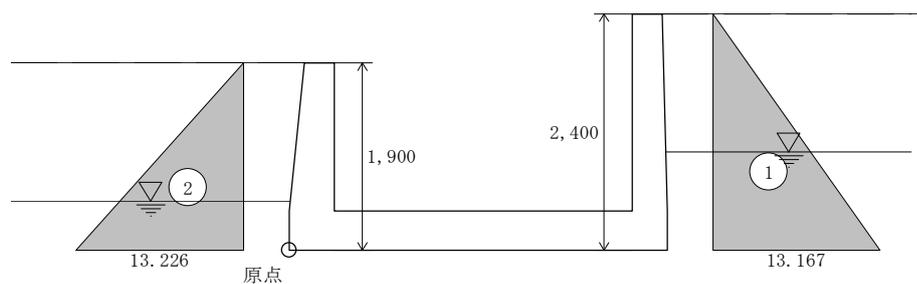
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= 0.361 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(16.667 + 90 - 85.486) \\ &= -0.932 \end{aligned}$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$13.167 \times 2.400 \div 2$	15.800	5.720	14.726	3.800	0.800	21.736	11.781
2	$13.226 \times 1.900 \div 2$	12.565	4.536	-11.711		0.633		-7.413
合計		28.365	10.256	3.015			21.736	4.368

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m×0.5m×1.0m×25.4kN/m ³)	44.100	0.000	1.950	2.550	85.995	0.000
2	蓋版上面へのT-14後輪荷重	55.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		99.100	0.000			85.995	0.000

6) 偏心距離および底版反力の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	96.346		189.206		29.706
土圧および載荷重	10.256	3.015	21.736	4.368	10.256
水路上面荷重	99.100		85.995		99.100
合 計	205.702	3.015	296.937	4.368	139.062

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - (296.937 - 4.368) / 205.702 \\
 &= 0.478 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \\
 q_L &= \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 q_R, q_L &: \text{底版の両端における反力強度 (kN/m}^2\text{)} \\
 L &: \text{基礎面の長さ (作用幅) (m)} \\
 e &: \Sigma V \text{の作用点の偏心距離 (m)} \\
 \Sigma V &: \text{合力の鉛直分力 (kN/m)}
 \end{aligned}$$

このときの基礎面の長さ(作用幅)は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重と水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。

また、水路上面に上載荷重 $Q_c=99.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 139.062 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.478 / 3.400) \\
 &= 6.400 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 139.062 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.478 / 3.400) \\
 &= 75.401 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 15.800 / 2.200^2 \\ &= 6.529 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 6.529 \times 1.467^2 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.467^2) \\ &= 5.533 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 6.529 \times 1.467^3 \times \cos 20.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.467^3) \\ &= 3.062 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 6.529 \times 2.000^2 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 7.370 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 6.529 \times 2.000^3 \times \cos 20.000 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\ &= 6.547 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 6.529 \times 2.200^2 \times \cos 20.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 9.947 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 6.529 \times 2.200^3 \times \cos 20.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} \\ &= 8.275 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 12.565 / 1.700^2 \\ &= 8.696 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 8.696 \times 1.133^2 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) \\ &= 3.383 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 8.696 \times 1.133^3 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) \\ &= 1.605 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 8.696 \times 1.500^2 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 4.471 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) \\ &= 1/6 \times 8.696 \times 1.500^3 \times \cos 16.667 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) \\ &= 3.052 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) \\ &= 1/2 \times 8.696 \times 1.700^2 \times \cos 16.667 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) \\ &= 7.137 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} \\ &= 1/6 \times 8.696 \times 1.700^3 \times \cos 16.667 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} \\ &= 4.208 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

8) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・ 右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 8.275 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・ 左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 4.208 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 75.401 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (75.401 - 6.400) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (8.275 - 4.208) / 3.400 \\ &= -87.885 \text{ (kN)} \\ M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (8.275 - 4.208) \times 0.000 / 3.400 + 4.208 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (75.401 - 6.400) - 3 \times 75.401\} \\ &= 4.208 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 75.401 \times (3.400 - 2 \times 1.448) + (75.401 - 6.400) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.448^2 / 3.400^2) + (8.275 - 4.208) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \\ M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (8.275 - 4.208) \times 1.448 / 3.400 + 4.208 + 1/6 \times 1.448 \times (3.400 - 1.448) \times \{(1 + 1.448 / 3.400) \times (75.401 - 6.400) - 3 \times 75.401\} \\ &= -54.272 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 75.401 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (75.401 - 6.400) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (8.275 - 4.208) / 3.400 \\ &= 51.177 \text{ (kN)} \\ M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (8.275 - 4.208) \times 3.400 / 3.400 + 4.208 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (75.401 - 6.400) - 3 \times 75.401\} \\ &= 8.275 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

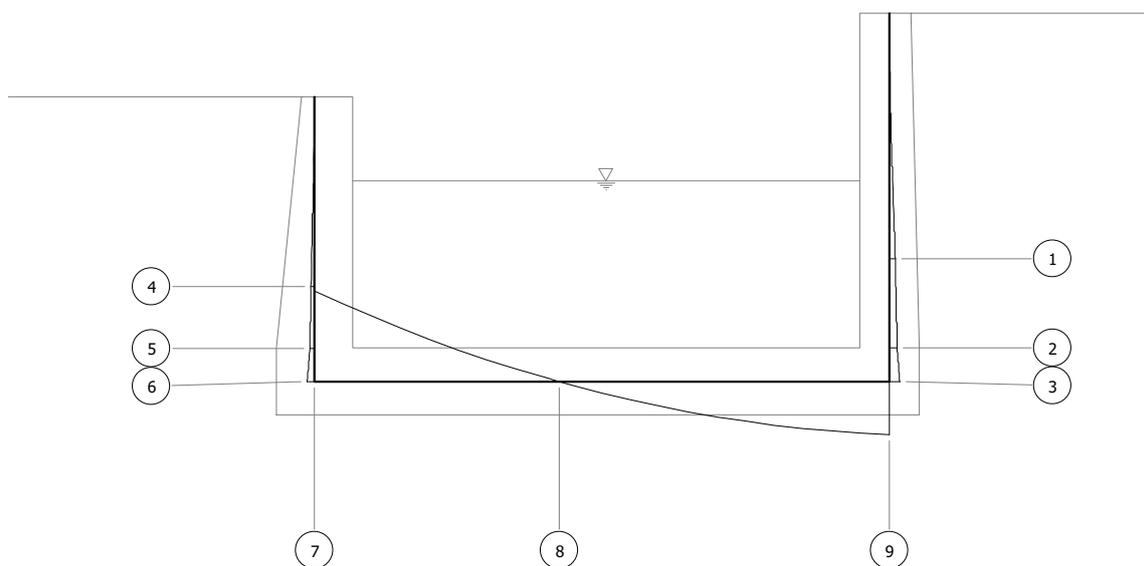
9) 断面力一覧

	記号	位置	h(m)	せん断力		曲げモーメント	
				S (kN)	M (kN・m)		
右側壁	1	側壁高の1/3	1.467	5.533	3.062		
	2	底版の上面	2.000	7.370	6.547		
	3	側壁付根	2.200	9.947	8.275		
左側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)		
	4	側壁高の1/3	1.133	3.383	1.605		
	5	底版の上面	1.500	4.471	3.052		
	6	側壁付根	1.700	7.137	4.208		
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)		
	7	左側壁付け根	0.000	-87.885	4.208		
	8	最大モーメント	1.448	0.000	-54.272		
	9	右側壁付け根	3.400	51.177	8.275		

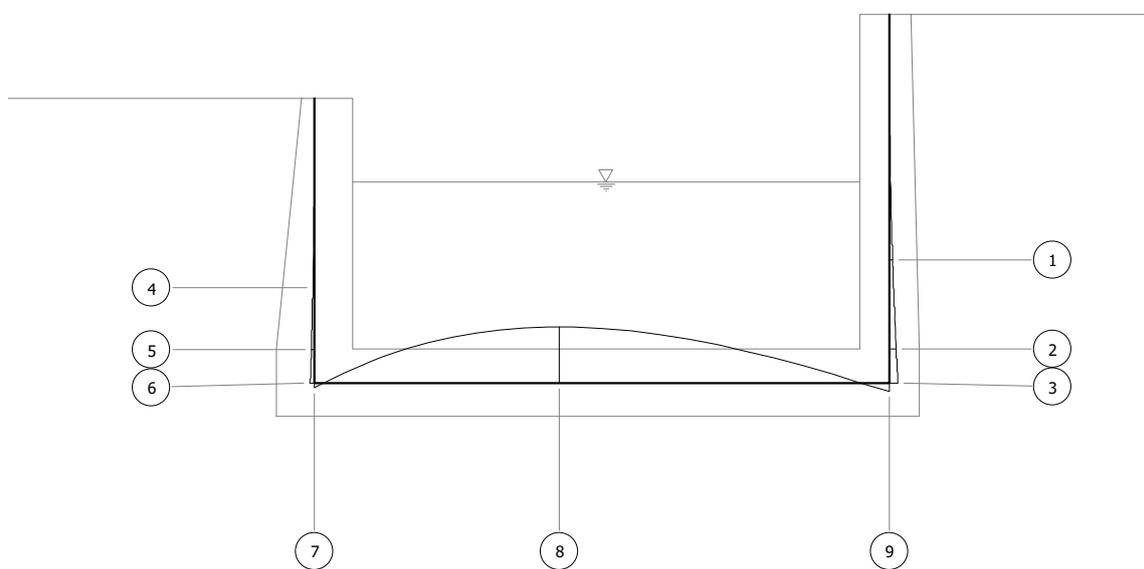
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

10) せん断力図



11) 曲げモーメント図



7.3 全動水圧の算出

動水圧の公式はWestergaard式を採用する。

$$P_{ew} = \frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

$$H_{ew} = \frac{2}{5} H$$

ここに、 P_{ew} ：構造物に作用する全地震時動水圧 (kN)

K_h ：設計水平震度

γ_w ：水の単位体積重量 (kN/m³)

H ：水深 (m)

H_{ew} ：水路底面から地震時動水圧の合力作用点までの深さ (m)

構造計算時の照査位置が動水圧作用範囲内にある場合には、上記 H_{ew} の公式より動水圧を放物形と仮定し、各照査位置までの面積と図心を算出する。

動水圧＝放物線の面積として式を置き換えることにより、水深位置における動水圧強度を導き出すことが出来る。

$$\frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot H^2 = \frac{2}{3} B_H \cdot H$$

$$B_H = \frac{7}{8} K_h \cdot \gamma_w \cdot H$$

ここに、 B_H ：水深位置における動水圧強度 (kN/m²)

さらに、各照査位置の動水圧も放物線の公式にあてはめる事により導き出すことが出来る。放物線の公式 $y = a \cdot \chi^2$ の y を水深 H とし χ を水深位置における動水圧強度 B_H とすることで、定数 $a = H / B_H^2$ として求まる。

また、導き出された定数 a により照査位置 h における動水圧強度 B_h は、 $B_h = (h / a)^{0.5}$ として求められ、地震時動水圧 P_{ew} は放物線面積の公式より、 $P_{ew} = 2/3 \cdot B_h \cdot h$ となる。

ここで、 B_h を置き換えさらに定数 a と B_H も置き換えることにより、照査位置 h における地震時動水圧の公式を導き出すことが出来る。下記に導き出した公式を記す。

$$\begin{aligned} P_{ew} &= \frac{2}{3} B_h \cdot h = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{a}} \cdot h \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^{1.5}}{\sqrt{H}} \cdot B_H \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{h^{1.5}}{\sqrt{H}} \cdot \frac{7}{8} K_h \cdot \gamma_w \cdot H \\ &= \frac{7}{12} K_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H} \cdot h^{1.5} \end{aligned}$$

ここに、 P_{ew} ：照査位置における地震時動水圧 (kN)

h ：水面からの深さ (照査位置) (m)

B_h ：照査位置 h における動水圧強度 (kN/m²)

a ：放物線係数

ただし、照査位置が水深位置より深い場合には、Westergaard式で求めた地震時動水圧を採用する。また構造計算時の作用方向は、安全を考え照査位置毎に内外の土圧や水圧の大なる向きに慣性方向を一致させた計算を行う。

7.4 地震時慣性力の算出

地震時慣性力は、躯体の質量に設計水平震度(0.160)を乗じたものとする。

慣性力に対する反力は、水平土圧を慣性力の合力と釣り合うように、水路天端の地表面と底板軸線の間に三角形分布するものとして作用させる。

左右側壁に生じる慣性力反力の作用長を以下に記す。

・右側壁

$$H_{PR} = H_R + T_3 / 2 - H_{DR} = 2.000 + 0.400 / 2 - 0.000 = 2.200 \text{ (m)}$$

・左側壁

$$H_{PL} = H_L + T_3 / 2 - H_{DL} = 1.500 + 0.400 / 2 - 0.000 = 1.700 \text{ (m)}$$

各荷重ケースにおける、慣性力および慣性力による反力強度を次に記す。

その際に、水路上面荷重(蓋版荷重)が含まれている荷重ケースの場合には、その上面荷重も躯体の一部として自重に加える。

また、土圧を考慮していない荷重ケースにおいては、土圧による反力が生じないとして、軀対自重の慣性力による反力も生じないと考える。

荷重ケース		ケース 1	ケース 3
躯体自重	kN	66.946	66.946
自重慣性力	kN	10.711	10.711
水路上面荷重水平力	kN	7.056	7.056
右側慣性力強度	kN/m ²	7.342	7.342
左側慣性力強度	kN/m ²	12.295	12.295

慣性力による反力強度の式を以下に記す。

$$P_{PH} = 2(P_H + P_{CH}) / H_{PR}^2 \quad (\text{右側の場合、左側の場合は} H_{PL})$$

$$P_H = P \cdot K_h$$

ここに、 P_{PH} : 地震時慣性力による反力強度(慣性力強度) (kN/m²)

P_H : 地震時慣性力による水平力(自重慣性力) (kN)

P_{CH} : 水路上面荷重による水平力 (kN)

P : 軀対自重 (kN)

H_{PR} : 右側壁に生じる反力の作用長 (m)

H_{PL} : 左側壁に生じる反力の作用長 (m)

・ケース 1

$$P_{H1} = 66.946 \times 0.160 = 10.711 \text{ (kN)}$$

$$P_{PHR1} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 2.200^2 = 7.342 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{PHL1} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 1.700^2 = 12.295 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

・ケース 3

$$P_{H2} = 66.946 \times 0.160 = 10.711 \text{ (kN)}$$

$$P_{PHR2} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 2.200^2 = 7.342 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$P_{PHL2} = 2 \times (10.711 + 7.056) / 1.700^2 = 12.295 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

慣性力による、側壁に対するせん断力や曲げモーメントは、片持ち梁に対する三角形荷重として計算を行う。

$$S = 1/2 \cdot P_{PH} \cdot h_d^2$$

$$M = 1/6 \cdot P_{PH} \cdot h_d^3$$

ここに、 S : せん断力 (kN)

M : 曲げモーメント (kN・m)

h_d : 土圧作用高さ(地表面から照査位置までの深さ) (m)

7.5 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース1）

1) 検討位置

右側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	1	側壁高の1/3	1.467	1.467	0.067	—	—
	2	底版の上面	2.000	2.000	0.600	—	—
3	側壁付根	2.200	2.200	0.800	—	—	
左側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	—	—
	5	底版の上面	1.500	1.500	0.100	—	—
6	側壁付根	1.700	1.700	0.300	—	—	
底版	記号	位置	LL (m)		LR (m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.446		1.954		
9	右側壁付け根	3.400		0.000			

h：天端からの距離

hd：土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho：影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底版厚}$

hi：影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha：内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL：左端からの距離

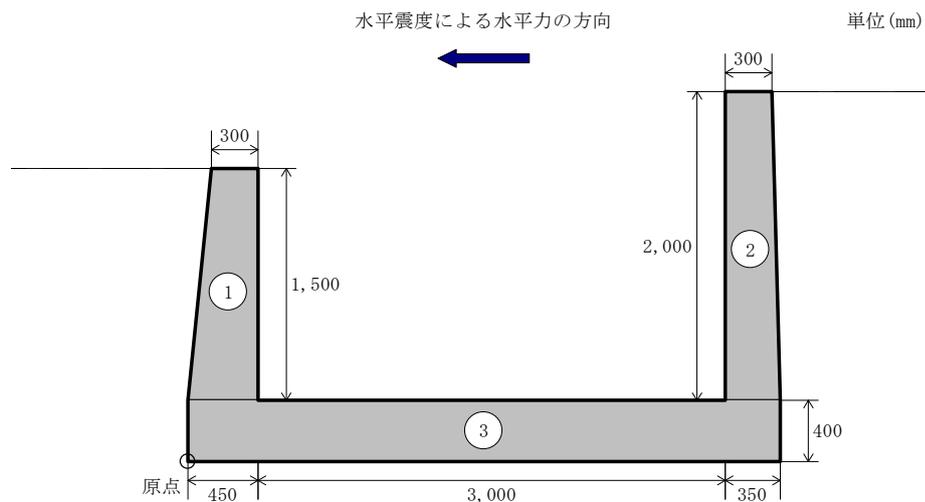
LR：右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—		—
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		—

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	2.205	0.260	1.100	3.583	2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	2.548	3.613	1.374	57.537	3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	5.958	1.900	0.200	70.756	1.192
合計		66.946	66.946	10.711			131.876	7.119

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_{AE} を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	57.876	0.327/0.982	19.272
42.000	2.689	0.560	2.665	54.002	0.360/0.985	19.737
44.000	2.510	0.522	2.485	50.400	0.392/0.987	20.017
46.000	2.344	0.487	2.318	47.062	0.424/0.987	20.217
47.000	2.265	0.471	2.238	45.480	0.440/0.987	20.275
47.119	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
47.120	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
47.121	2.256	0.469	2.229	45.298	0.442/0.987	20.285
48.000	2.188	0.455	2.161	43.934	0.455/0.987	20.253

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	39.542	0.408/0.987	16.346
42.000	1.978	0.139	2.110	36.994	0.440/0.987	16.492
43.000	1.914	0.135	2.038	35.802	0.455/0.987	16.504
43.399	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
43.400	1.889	0.133	2.009	35.332	0.462/0.987	16.538
43.401	1.888	0.133	2.009	35.314	0.462/0.987	16.530
44.000	1.852	0.130	1.968	34.636	0.471/0.987	16.528
46.000	1.734	0.121	1.835	32.422	0.501/0.985	16.491
48.000	1.625	0.113	1.711	30.380	0.531/0.982	16.427

A_1, A_2 は、座標法により算出。

L は、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = A_1 \times \gamma_t + A_2 \times \gamma_{ws} + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A_1 : 湿潤土面積(m²)

A_2 : 水中土面積(m²)

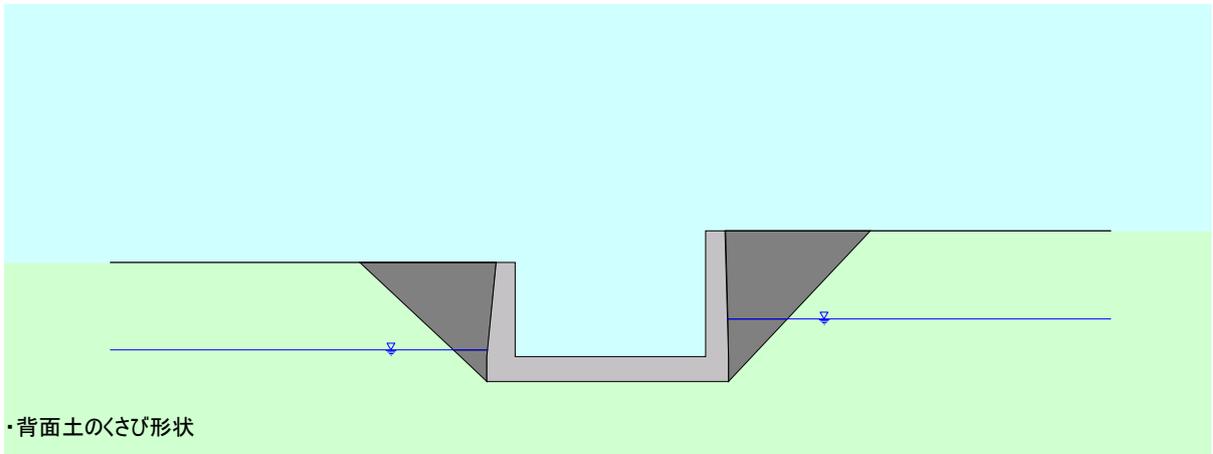
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 47.120(°)、左 43.400(°)となり、主働土圧は右 20.285(kN/m)、左 16.538(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

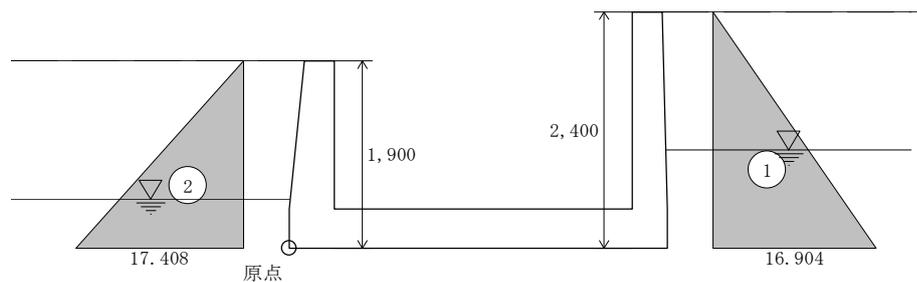
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$16.904 \times 2.400 \div 2$	20.285	5.660	19.474	3.800	0.800	21.508	15.579
2	$17.408 \times 1.900 \div 2$	16.538	4.846	-15.810		0.633		-10.008
合計		36.823	10.506	3.664			21.508	5.571

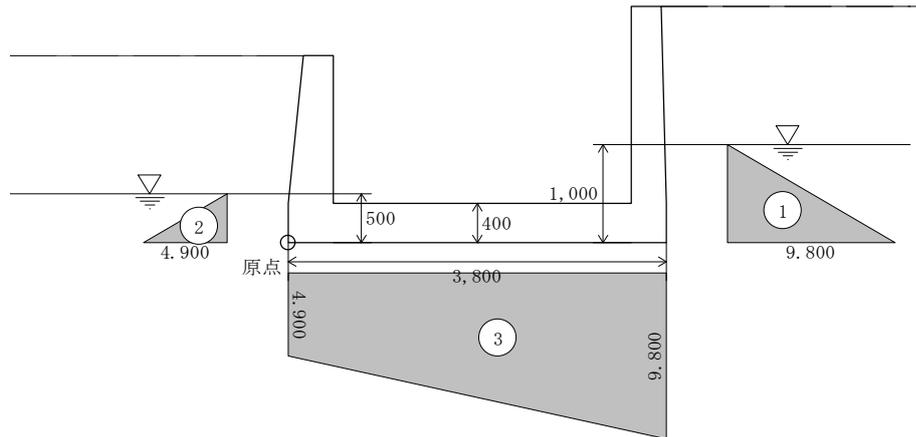
「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水圧の算出

$$P_{V1} = \gamma_w \cdot H_{R1} = 9.800 \times 1.000 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{V2} = \gamma_w \cdot H_{L1} = 9.800 \times 0.500 = 4.900 \text{ kN/m}^2$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$9.800 \times 1.000 \div 2$	4.900		4.900	3.800	0.333		1.632
2	$4.900 \times 0.500 \div 2$	1.225		-1.225		0.167		-0.205
3	$3.800 \times (4.900 + 9.800) \div 2$	27.930	-27.930		2.111		-58.960	
合計		34.055	-27.930	3.675			-58.960	1.427

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。但し、揚圧力の場合は底面に作用するためXは重心位置までの水平距離、Y=0となる。

6) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m × 0.5m × 1.0m × 25.4kN/m³)	44.100	7.056	1.950	2.550	85.995	17.993
合計		44.100	7.056			85.995	17.993

7) 偏心距離および底版反力の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・浮力も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	66.946	10.711	131.876	7.119	29.706
土圧および載荷重	10.506	3.664	21.508	5.571	10.506
水 圧	-27.930	3.675	-58.960	1.427	
水路上面荷重	44.100	7.056	85.995	17.993	44.100
合 計	93.622	25.106	180.419	32.110	84.312

$$e = 3.800 / 2 - \{180.419 - (32.110)\} / 93.622$$

$$= 0.316 \text{ (m)}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$q_R = \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L)$$

$$q_L = \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)$$

ここに、

q_R, q_L : 底版の両端における反力強度 (kN/m²)

L : 基礎面の長さ (作用幅) (m)

e : ΣV の作用点の偏心距離 (m)

ΣV : 合力の鉛直分力 (kN/m)

このときの基礎面の長さ(作用幅)は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重と水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。

浮力(又は揚圧力)は、側壁及び底版自重により生じる底版反力より小さいので、底版反力のみを考慮する。

また、水路上面に上載荷重 $Q_c=44.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$q_R = 84.312 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.316 / 3.400)$$

$$= 10.969 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$q_L = 84.312 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.316 / 3.400)$$

$$= 38.626 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

8) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 20.285 / 2.200^2 \\ &= 8.382 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 8.382 \times 1.467^2 \times \cos 15.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.067^2 + 1/2 \times 7.342 \times 1.467^2 \\ &= 16.634 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 8.382 \times 1.467^3 \times \cos 15.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.067^3 + 1/6 \times 7.342 \times 1.467^3 \\ &= 8.124 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 8.382 \times 2.000^2 \times \cos 15.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.600^2 + 1/2 \times 7.342 \times 2.000^2 \\ &= 32.641 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 8.382 \times 2.000^3 \times \cos 15.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.600^3 + 1/6 \times 7.342 \times 2.000^3 \\ &= 20.937 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 8.382 \times 2.200^2 \times \cos 15.000 + 1/2 \times 9.800 \times 0.800^2 + 1/2 \times 7.342 \times 2.200^2 \\ &= 40.498 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHR1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 8.382 \times 2.200^3 \times \cos 15.000 + 1/6 \times 9.800 \times 0.800^3 + 1/6 \times 7.342 \times 2.200^3 \\ &= 28.235 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 16.538 / 1.700^2 \\ &= 11.445 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.445 \times 1.133^2 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 12.295 \times 1.133^2 \\ &= 15.063 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.445 \times 1.133^3 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 12.295 \times 1.133^3 \\ &= 5.689 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.445 \times 1.500^2 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.100^2 + 1/2 \times 12.295 \times 1.500^2 \\ &= 26.451 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.445 \times 1.500^3 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.100^3 + 1/6 \times 12.295 \times 1.500^3 \\ &= 13.203 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L + 1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_o^2 + 1/2 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.445 \times 1.700^2 \times \cos 12.500 + 1/2 \times 9.800 \times 0.300^2 + 1/2 \times 12.295 \times 1.700^2 \\ &= 34.353 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L + 1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_o^3 + 1/6 \cdot P_{PHL1} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.445 \times 1.700^3 \times \cos 12.500 + 1/6 \times 9.800 \times 0.300^3 + 1/6 \times 12.295 \times 1.700^3 \\ &= 19.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

9) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} = 28.235 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 19.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 38.626 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (38.626 - 10.969) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (28.235 - 19.261) / 3.400 \\ &= -47.352 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (28.235 - 19.261) \times 0.000 / 3.400 + 19.261 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (38.626 - 10.969) - 3 \times 38.626\} \\ &= 19.261 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 38.626 \times (3.400 - 2 \times 1.446) + (38.626 - 10.969) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.446^2 / 3.400^2) + (28.235 - 19.261) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (28.235 - 19.261) \times 1.446 / 3.400 + 19.261 + 1/6 \times 1.446 \times (3.400 - 1.446) \times \{(1 + 1.446 / 3.400) \times (38.626 - 10.969) - 3 \times 38.626\} \\ &= -12.928 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 38.626 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (38.626 - 10.969) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (28.235 - 19.261) / 3.400 \\ &= 36.959 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (28.235 - 19.261) \times 3.400 / 3.400 + 19.261 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (38.626 - 10.969) - 3 \times 38.626\} \\ &= 28.235 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

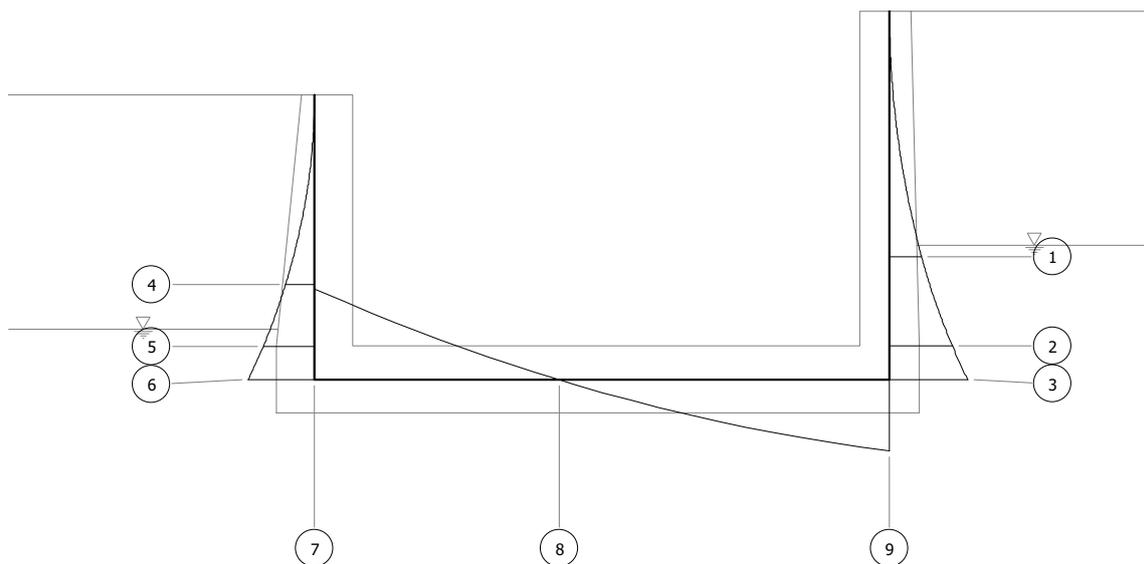
10) 断面力一覧

右側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN·m)
	1	側壁高の1/3	1.467	16.634	8.124
2	底版の上面	2.000	32.641	20.937	
3	側壁付根	2.200	40.498	28.235	
左側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN·m)
	4	側壁高の1/3	1.133	15.063	5.689
	5	底版の上面	1.500	26.451	13.203
6	側壁付根	1.700	34.353	19.261	
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN·m)
	7	左側壁付け根	0.000	-47.352	19.261
	8	最大モーメント	1.446	0.000	-12.928
9	右側壁付け根	3.400	36.959	28.235	

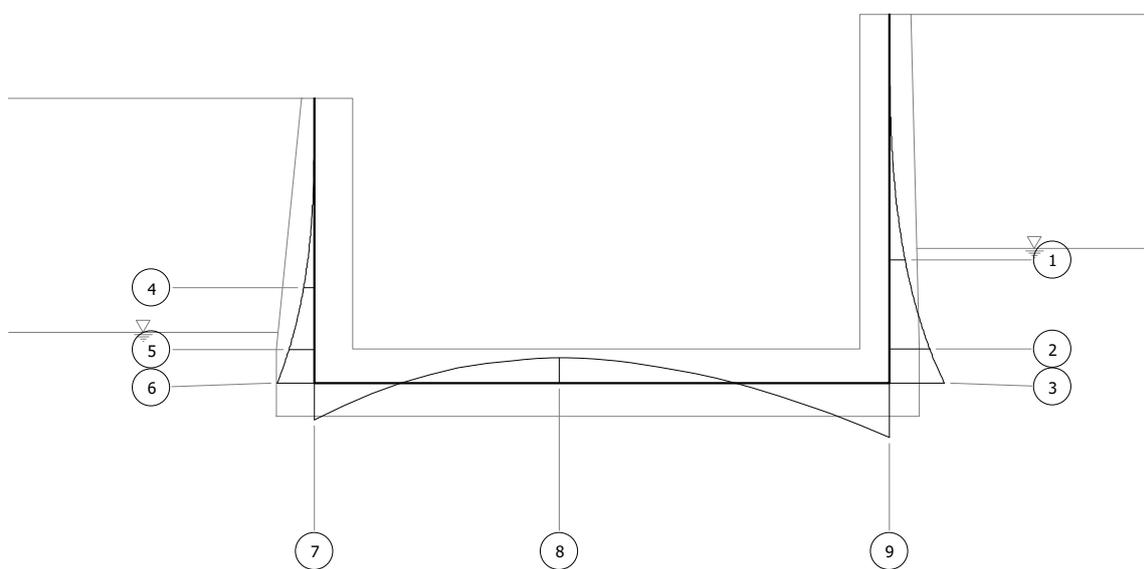
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

11) せん断力図



12) 曲げモーメント図



7.6 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース3）

1) 検討位置

右側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	1	側壁高の1/3	1.467	1.467	—	0.467	0.467
	2	底版の上面	2.000	2.000	—	1.000	1.000
3	側壁付根	2.200	2.200	—	1.000	1.200	
左側壁	記号	位置	h (m)	hd (m)	ho (m)	hi (m)	ha (m)
	4	側壁高の1/3	1.133	1.133	—	0.633	0.633
	5	底版の上面	1.500	1.500	—	1.000	1.000
6	側壁付根	1.700	1.700	—	1.000	1.200	
底版	記号	位置	LL (m)		LR (m)		
	7	左側壁付け根	0.000		3.400		
	8	最大モーメント	1.588		1.812		
9	右側壁付け根	3.400		0.000			

h : 天端からの距離

hd : 土圧作用高さ $hd = h - \text{天端から地盤までの落差}$

ho : 影響地下水位 $ho = h + \text{地下水位} - \text{側壁高} - \text{底版厚}$

hi : 影響内水位 $hi = h + \text{内水位} - \text{側壁高}$

ha : 内水位照査深さ $ha = hi + h - \text{側壁高 (又は hi)}$

LL : 左端からの距離

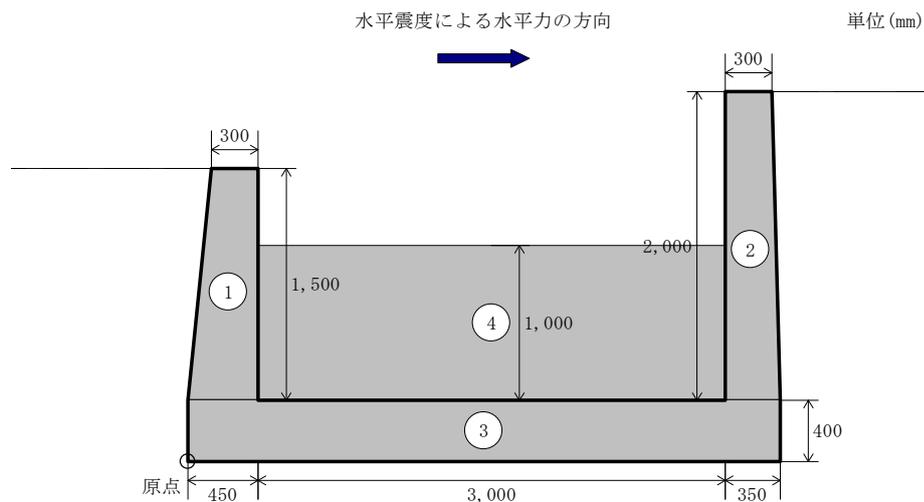
LR : 右端からの距離

2) 上載荷重

項目名	値 (kN/m ²)	水路左側		水路右側	
		計上	採用値 (kN/m ²)	計上	採用値 (kN/m ²)
盛土荷重	—		—		—
自動車荷重	L: 10.000 R: 0.000		—		—
群集荷重	L: 0.000 R: 3.000		—		—
積雪荷重	—		—		—
任意荷重	—		—		—
合計			—		—

積雪荷重に於いて自動車荷重と組み合わせる場合は、1.0kN/m²を見込む

3) 自重の算出



地震時の自重計算において水平震度を考慮しているため、自重に設計水平震度を乗じたものを水平力とする。（但し、水路内の水には水平震度が生じないものとする。）

番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$24.500 \times 1.500 \times (0.300 + 0.450) \div 2$	13.781	13.781	-2.205	0.260	1.100	3.583	-2.426
2	$24.500 \times 2.000 \times (0.300 + 0.350) \div 2$	15.925	15.925	-2.548	3.613	1.374	57.537	-3.501
3	$24.500 \times 3.800 \times 0.400$	37.240	37.240	-5.958	1.900	0.200	70.756	-1.192
4	$9.800 \times 3.000 \times 1.000$	29.400	29.400		1.950	0.900	57.330	
合計		96.346	96.346	-10.711			189.206	-7.119

「アーム長」とは、原点から重心までの距離。Xは水平距離、Yは鉛直距離を指す。

側壁及び底版自重により生じる底版反力の内、底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用方向が反対で同値であることから相殺させ、それ以外の自重による底版反力のみによって計算する。

上記表より底版自重及び内水重を除いた自重の鉛直成分を次にまとめる。

$$\begin{aligned}
 \text{反力鉛直成分} &= \text{No. 1} + \text{No. 2} \\
 &= 13.781 + 15.925 \\
 &= 29.706
 \end{aligned}$$

4) 土圧および載荷重の算出（地震時）

主働土圧の算出

すべり角度 ω を変化させ、土圧 P_{AE} を算出し最大となる値をもとめ、これを主働土圧とする。

ω を変化させたときの各値の一覧表を以下に示す。

水路右側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.882	0.600	2.860	62.676	0.327/0.982	20.871
42.000	2.689	0.560	2.665	58.482	0.360/0.985	21.374
44.000	2.510	0.522	2.485	54.576	0.392/0.987	21.676
46.000	2.344	0.487	2.318	50.958	0.424/0.987	21.891
47.000	2.265	0.471	2.238	49.248	0.440/0.987	21.955
47.119	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
47.120	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
47.121	2.256	0.469	2.229	49.050	0.442/0.987	21.966
48.000	2.188	0.455	2.161	47.574	0.455/0.987	21.931

水路左側

ω (°)	A_1 (m ²)	A_2 (m ²)	L (m)	W (kN/m)	K	P_A (kN/m)
40.000	2.114	0.149	2.264	40.734	0.408/0.987	16.838
42.000	1.978	0.139	2.110	38.106	0.440/0.987	16.987
43.000	1.914	0.135	2.038	36.882	0.455/0.987	17.002
43.399	1.889	0.133	2.009	36.396	0.462/0.987	17.036
43.400	1.889	0.133	2.009	36.396	0.462/0.987	17.036
43.401	1.888	0.133	2.009	36.378	0.462/0.987	17.028
44.000	1.852	0.130	1.968	35.676	0.471/0.987	17.025
46.000	1.734	0.121	1.835	33.390	0.501/0.985	16.983
48.000	1.625	0.113	1.711	31.284	0.531/0.982	16.916

A₁, A₂は、座標法により算出。

Lは、壁背面（形状によっては仮想背面）から仮定したすべり面と地表面との交点までの水平距離。

$$W = (A_1 + A_2) \times \gamma_t + L \times q$$

$$P_A = K \times W$$

ここに、

ω : 仮定したすべり面が水平面となす角(°)

A₁ : 湿潤土面積(m²)

A₂ : 水中土面積(m²)

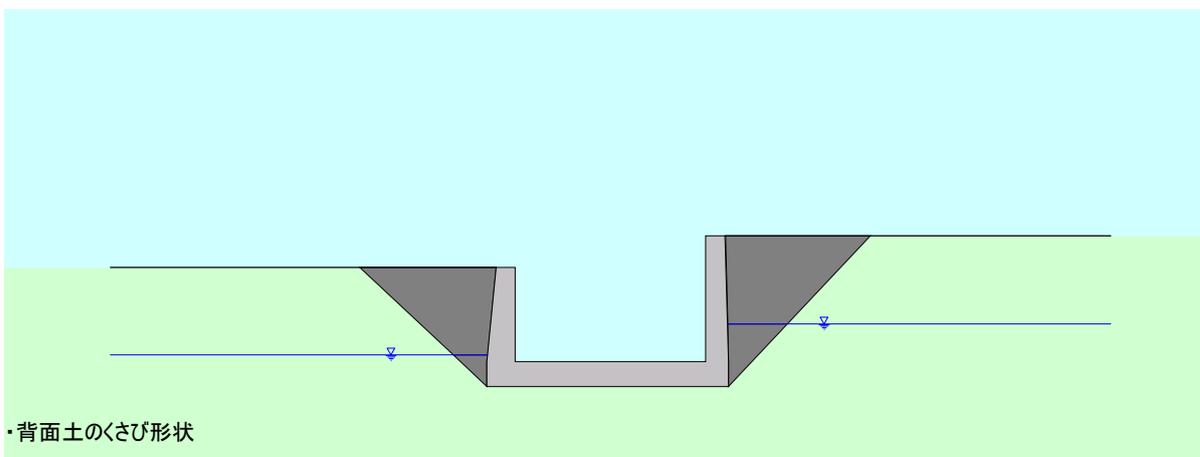
L : 荷重作用長(m)

W : くさび重量(kN/m)

K : 係数 $\sin(\omega - \phi + \theta_0) / \cos(\omega - \phi - \delta - 90 + \theta) \cdot \cos \theta_0$

P_A : 土圧(kN/m) (極大値を主働土圧とする。)

上記結果より、左右それぞれのすべり角度 ω の値は、右 47.120(°)、左 43.400(°)となり、主働土圧は右 21.966(kN/m)、左 17.036(kN/m)となる。また、その際のくさび形状を次に示す。



水路右側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_R + 90 - \theta_R) = \sin(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.279 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= \cos(\delta_R + 90 - \theta_R) = \cos(15.000 + 90 - 88.807) \\ &= 0.960 \end{aligned}$$

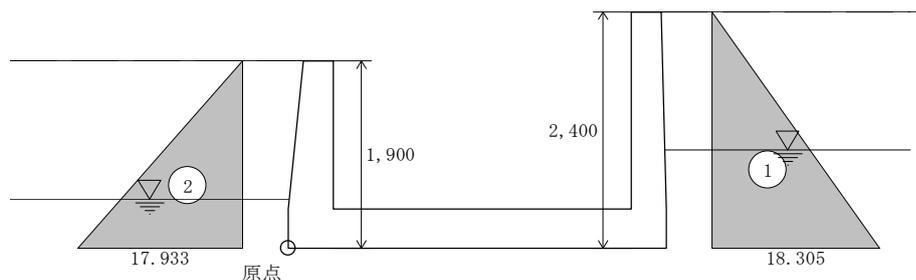
水路左側の壁面に作用する荷重は鉛直方向と水平方向に以下の係数で荷重を分ける。

ただし水平方向に関しては、右側の荷重に対し荷重方向が逆になるため係数の符号を反転させるものとする。

$$\begin{aligned} \text{鉛直方向} &= \sin(\delta_L + 90 - \theta_L) = \sin(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= 0.293 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水平方向} &= -\cos(\delta_L + 90 - \theta_L) = -\cos(12.500 + 90 - 85.486) \\ &= -0.956 \end{aligned}$$

単位(mm)



番号	計 算 式	荷重 (kN)	荷 重		アーム長		モーメント	
			鉛直 (kN)	水平 (kN)	ΔX (m)	ΔY (m)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)
1	$18.305 \times 2.400 \div 2$	21.966	6.129	21.087	3.800	0.800	23.290	16.870
2	$17.933 \times 1.900 \div 2$	17.036	4.992	-16.286		0.633		-10.309
合計		39.002	11.121	4.801			23.290	6.561

「アーム長」とは、原点から作用点までの距離。Xは壁面までの水平距離、Yは重心位置までの鉛直距離。

5) 水路上面荷重の算出

番号	項 目	荷重 (kN)		アーム長 (m)		モーメント (kN・m)	
		鉛直	水平	ΔX	ΔY	M_x	M_y
1	コンクリートの蓋版荷重 (3.6m×0.5m×1.0m×25.4kN/m ³)	44.100	7.056	1.950	2.550	85.995	17.993
合計		44.100	7.056			85.995	17.993

6) 偏心距離および底版反力の算出

以下の式に従い偏心距離を求める。

$$e = |L/2 - (\Sigma M_x - \Sigma M_y) / \Sigma V|$$

ここに、

e : 合力の作用線が底面と交わる点と底面中心との距離 (m)

L : 底面の長さ (作用幅) (m)

ΣV : 全鉛直力 (kN/m)

土圧および載荷重の鉛直成分・水路内の水重量も含む。

ΣM_x : 原点における全抵抗モーメント (kN・m)

ΣM_y : 原点における全転倒モーメント (kN・m)

項 目	外 力		モーメント		底版反力 鉛直成分 (kN/m)
	V (kN)	H (kN)	M_x (kN・m)	M_y (kN・m)	
自 重	96.346	-10.711	189.206	-7.119	29.706
土圧および載荷重	11.121	4.801	23.290	6.561	11.121
水 圧		-1.830		-1.464	
水路上面荷重	44.100	7.056	85.995	17.993	44.100
合 計	151.567	-0.684	298.491	15.971	84.927

$$\begin{aligned}
 e &= 3.800 / 2 - \{298.491 - (15.971)\} / 151.567 \\
 &= 0.036 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

偏心距離が中央(1.700m)の1/3(0.567m)内にあるため、次式にて地盤反力を検討する。

$$\begin{aligned}
 q_R &= \Sigma V / L \cdot (1 - 6e / L) \\
 q_L &= \Sigma V / L \cdot (1 + 6e / L)
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 q_R, q_L &: \text{底版の両端における反力強度 (kN/m}^2\text{)} \\
 L &: \text{基礎面の長さ (作用幅) (m)} \\
 e &: \Sigma V \text{の作用点の偏心距離 (m)} \\
 \Sigma V &: \text{合力の鉛直分力 (kN/m)}
 \end{aligned}$$

このときの基礎面の長さ(作用幅)は、左右側壁の中心間の距離とし、合力の鉛直分力は側壁に関する自重と水路上面に生じる荷重とする。

但し、張出しを含む場合には、張出し部分にも底版反力が生じるとして、作用幅を張出し端部とし、張出し上部の土砂も自重に含める。

底版自重及び内水重はこれにより生じる底版反力と等分布荷重として作用する方向が反対で同値であることから相殺される。

また、水路上面に上載荷重 $Q_c=44.100$ が生じるものとする。

以上により、底版反力は底版反力鉛直成分の合計値を用いて計算を行う。

$$\begin{aligned}
 q_R &= 84.927 / 3.400 \times (1 - 6 \times 0.036 / 3.400) \\
 &= 23.392 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\
 q_L &= 84.927 / 3.400 \times (1 + 6 \times 0.036 / 3.400) \\
 &= 26.565 \text{ (kN/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

7) 側壁の断面力計算

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 21.966 / 2.200^2 \\ &= 9.077 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面1 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S1} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 9.077 \times 1.467^2 \times \cos 15.000 - (1/2 \times 9.800 \times 0.467^2) + 1/2 \times 7.342 \times 1.467^2 \\ &= 16.266 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S1} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 9.077 \times 1.467^3 \times \cos 15.000 - (1/6 \times 9.800 \times 0.467^3) + 1/6 \times 7.342 \times 1.467^3 \\ &= 8.310 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面2 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S2} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 9.077 \times 2.000^2 \times \cos 15.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 7.342 \times 2.000^2 \\ &= 27.319 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S2} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 9.077 \times 2.000^3 \times \cos 15.000 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times 7.342 \times 2.000^3 \\ &= 19.846 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面3 右側壁

$$\begin{aligned} S_{S3} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_R - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 9.077 \times 2.200^2 \times \cos 15.000 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 7.342 \times 2.200^2 \\ &= 34.086 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S3} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_R - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHR2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 9.077 \times 2.200^3 \times \cos 15.000 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} + 1/6 \\ &\quad \times 7.342 \times 2.200^3 \\ &= 25.976 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

試行くさび法では、主働土圧が側壁に対し三角形に分布すると仮定し各段面のせん断力と曲げモーメントを求める。

$$\begin{aligned} P_{AM} &= 2 \cdot P_A / H^2 = 2 \times 17.036 / 1.700^2 \\ &= 11.790 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

ここに、

P_A : 主働土圧 (kN/m)

H : 主働土圧を受ける側壁の高さ (m)

P_{AM} : 側壁に生じる主働土圧が三角形分布と仮定する時の単位荷重強度 (kN/m²)

断面4 左側壁

$$\begin{aligned} S_{S4} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\ &= 1/2 \times 11.790 \times 1.133^2 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \times 0.633^2) + 1/2 \times 12.295 \times 1.133^2 \\ &= 13.315 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{S4} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\ &= 1/6 \times 11.790 \times 1.133^3 \times \cos 12.500 - (1/6 \times 9.800 \times 0.633^3) + 1/6 \times 12.295 \times 1.133^3 \\ &= 5.356 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面5 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S5} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= 1/2 \times 11.790 \times 1.500^2 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 12.295 \times 1.500^2 \\
 &= 21.881 \text{ (kN)} \\
 M_{S5} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - (1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^3) + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= 1/6 \times 11.790 \times 1.500^3 \times \cos 12.500 - (1/6 \times 9.800 \times 1.000^3) + 1/6 \times 12.295 \times 1.500^3 \\
 &= 11.757 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

断面6 左側壁

$$\begin{aligned}
 S_{S6} &= 1/2 \cdot P_{AM} \cdot h_d^2 \cdot \cos \delta_L - (1/2 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2) + 1/2 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^2 \\
 &= 1/2 \times 11.790 \times 1.700^2 \times \cos 12.500 - (1/2 \times 9.800 \times 1.000^2) + 1/2 \times 12.295 \times 1.700^2 \\
 &= 29.498 \text{ (kN)} \\
 M_{S6} &= 1/6 \cdot P_{AM} \cdot h_d^3 \cdot \cos \delta_L - \{1/6 \cdot \gamma_w \cdot h_i^2 (3h_a - 2h_i)\} + 1/6 \cdot P_{PHL2} \cdot h_d^3 \\
 &= 1/6 \times 11.790 \times 1.700^3 \times \cos 12.500 - \{1/6 \times 9.800 \times 1.000^2 \times (3 \times 1.200 - 2 \times 1.000)\} + \\
 &\quad 1/6 \times 12.295 \times 1.700^3 \\
 &= 16.880 \text{ (kN}\cdot\text{m)}
 \end{aligned}$$

8) 地震時動水圧の算出

8-1 右側壁外側

地震時動水圧が生じていないため計算対象外

8-2 右側壁内側

$$\begin{aligned}
 h_t &= H_R - H_w = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\
 h_b &= H_R = 2.000 \text{ (m)} \\
 h_w &= h_b - h_t = 2.000 - 1.000 = 1.000 \text{ (m)} \\
 P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.915 \text{ (kN)} \\
 y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 2.000 - 2/5 \times 1.000 = 1.600 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

8-3 左側壁外側

地震時動水圧が生じていないため計算対象外

8-4 左側壁内側

$$\begin{aligned}
 h_t &= H_L - H_w = 1.500 - 1.000 = 0.500 \text{ (m)} \\
 h_b &= H_L = 1.500 \text{ (m)} \\
 h_w &= h_b - h_t = 1.500 - 0.500 = 1.000 \text{ (m)} \\
 P_{ew} &= 7/12 \cdot K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^2 = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^2 = 0.915 \text{ (kN)} \\
 y &= h_b - 2/5 \cdot h_w = 1.500 - 2/5 \times 1.000 = 1.100 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

ここに、 h_t : 地震時動水圧作用位置上部 (天端からの距離) (m)
 h_b : 地震時動水圧作用位置下部 (天端からの距離) (m)
 h_w : 地震時動水圧作用高さ (m)
 P_{ew} : 地震時動水圧 (kN)
 y : 天端から地震時動水圧合力位置までの長さ (m)

上記結果を下記表にまとめる。

位置	動水圧範囲			動水圧	アーム長
	h_t	h_b	h_w	P_{ew}	y
右	外側	—	—	—	—
	内側	1.000	2.000	1.000	0.915
左	外側	—	—	—	—
	内側	0.500	1.500	1.000	0.915

9) 照査位置での動水圧と動水圧による応力算出

地震時動水圧が生じている側壁とその面に対して、各照査位置毎に地震時動水圧を求め、それによって生じるせん断力と曲げモーメントを算出し先に求めた照査位置毎のせん断力と曲げモーメントに加える。

その際、地震時動水圧の方向は地震により正負反転すると考え内外の動水圧をせん断力、曲げモーメントが大きくなる向きに加減算する事とする。

ゆえに、地震時動水圧の算出は内外にかかわらず、正の向きで算出する。

9-1 右側壁内側

断面1 $h_t < h < h_b$ のため

$$\begin{aligned}
 P_{ei} &= 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.467 - 1.000)^{1.5} \\
 &= 0.292 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

$$Y_{ei} = 2/5 (h - h_t) = 2/5 \times (1.467 - 1.000) = 0.187 \text{ (m)}$$

断面2 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 2.000 - 1.600 = 0.400 \text{ (m)}$$

断面3 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 2.200 - 1.600 = 0.600 \text{ (m)}$$

9-2 左側壁内側

断面4 $h_t < h < h_b$ のため

$$P_{ei} = 7/12 K_h \cdot \gamma_w \cdot h_w^{0.5} (h - h_t)^{1.5} = 7/12 \times 0.160 \times 9.800 \times 1.000^{0.5} \times (1.133 - 0.500)^{1.5} \\ = 0.461 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = 2/5 (h - h_t) = 2/5 \times (1.133 - 0.500) = 0.253 \text{ (m)}$$

断面5 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 1.500 - 1.100 = 0.400 \text{ (m)}$$

断面6 $h \geq h_b$ のため

$$P_{ei} = P_{ew} = 0.915 \text{ (kN)}$$

$$Y_{ei} = h - y = 1.700 - 1.100 = 0.600 \text{ (m)}$$

ここに、 h : 天端から照査位置までの距離 (m)

P_{eo} : 側壁外側に生じる地震時動水圧 (kN)

P_{ei} : 側壁内側に生じる地震時動水圧 (kN)

Y_{eo} : 側壁外側に生じる地震時動水圧の合力から照査位置までの距離 (m)

Y_{ei} : 側壁内側に生じる地震時動水圧の合力から照査位置までの距離 (m)

上記結果を下記表にまとめ、せん断力と曲げモーメントを集計する。

	記号	位置	h (m)	P_{eo} (kN)	P_{ei} (kN)	Y_{eo} (m)	Y_{ei} (m)	S_e (kN)	M_e (kN・m)	S_s (kN)	M_s (kN・m)	S (kN)	M (kN・m)
	右側壁	1	側壁高の 1 / 3	1.467	—	0.292	—	0.187	0.292	0.055	16.266	8.310	16.558
2		底版の上面	2.000	—	0.915	—	0.400	0.915	0.366	27.319	19.846	28.234	20.212
3		側壁付根	2.200	—	0.915	—	0.600	0.915	0.549	34.086	25.976	35.001	26.525
左側壁	記号	位置	h (m)	P_{eo} (kN)	P_{ei} (kN)	Y_{eo} (m)	Y_{ei} (m)	S_e (kN)	M_e (kN・m)	S_s (kN)	M_s (kN・m)	S (kN)	M (kN・m)
	4	側壁高の 1 / 3	1.133	—	0.461	—	0.253	0.461	0.117	13.315	5.356	13.776	5.473
	5	底版の上面	1.500	—	0.915	—	0.400	0.915	0.366	21.881	11.757	22.796	12.123
	6	側壁付根	1.700	—	0.915	—	0.600	0.915	0.549	29.498	16.880	30.413	17.429

ここに、 S_e : 地震時動水圧によるせん断力 $S_e = P_{eo} + P_{ei}$

M_e : 地震時動水圧による曲げモーメント $M_e = P_{eo} \times Y_{eo} + P_{ei} \times Y_{ei}$

S_s : 上記を除く側壁に作用するせん断力 ≪ 「7) 側壁の断面力計算」より ≫

M_s : 上記を除く側壁に作用する曲げモーメント ≪ 「7) 側壁の断面力計算」より ≫

S : 側壁に作用するせん断力合計

M : 側壁に作用する曲げモーメント合計

以降の計算および判定で用いるせん断力と曲げモーメントは、上記一覧表の S と M を用いる。

10) 底版の断面力計算

側壁底部の曲げモーメントを底版端部に生じる材端モーメントとして底版の計算を行う。

・右側

$$\text{部材端モーメント } M_{SR} = M_{S3} - 2 \times 0.549 = 26.525 - 2 \times 0.549 = 25.427 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

上記式中の「 2×0.549 」は、底版部計算時に地震時動水圧の作用方向が同時に同じ向きに働いている状態になるように側壁端部の曲げモーメントを調整している。 2 は2倍を表し 0.549 は側壁端部に作用させた動水圧による曲げモーメントの値である。

(側壁計算時には、動水圧の向きは側壁に対してモーメントが大きくなるようにしているため左右での向きが異なる。)

・左側

$$\text{部材端モーメント } M_{SL} = M_{S6} = 17.429 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

断面7 底版

$$\begin{aligned} S_{T7} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 26.565 \times (3.400 - 2 \times 0.000) + (26.565 - 23.392) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 0.000^2 / 3.400^2) + (25.427 - 17.429) / 3.400 \\ &= -41.010 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T7} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (25.427 - 17.429) \times 0.000 / 3.400 + 17.429 + 1/6 \times 0.000 \times (3.400 - 0.000) \times \{(1 + 0.000 / 3.400) \times (26.565 - 23.392) - 3 \times 26.565\} \\ &= 17.429 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面8 底版

$$\begin{aligned} S_{T8} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 26.565 \times (3.400 - 2 \times 1.588) + (26.565 - 23.392) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 1.588^2 / 3.400^2) + (25.427 - 17.429) / 3.400 \\ &= 0.000 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T8} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (25.427 - 17.429) \times 1.588 / 3.400 + 17.429 + 1/6 \times 1.588 \times (3.400 - 1.588) \times \{(1 + 1.588 / 3.400) \times (26.565 - 23.392) - 3 \times 26.565\} \\ &= -14.823 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

断面9 底版

$$\begin{aligned} S_{T9} &= -1/2 \cdot q_L \cdot (B_L - 2\chi) + (q_L - q_R) \cdot B_L \cdot 1/2 \cdot (1/3 - \chi^2/B_L^2) + (M_{SR} - M_{SL})/B_L \\ &= -1/2 \times 26.565 \times (3.400 - 2 \times 3.400) + (26.565 - 23.392) \times 3.400 \times 1/2 \times (1/3 - 3.400^2 / 3.400^2) + (25.427 - 17.429) / 3.400 \\ &= 43.917 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{T9} &= (M_{SR} - M_{SL}) \cdot \chi / B_L + M_{SL} + 1/6 \cdot \chi \cdot (B_L - \chi) \cdot \{(1 + \chi/B_L) \cdot (q_L - q_R) - 3q_L\} \\ &= (25.427 - 17.429) \times 3.400 / 3.400 + 17.429 + 1/6 \times 3.400 \times (3.400 - 3.400) \times \{(1 + 3.400 / 3.400) \times (26.565 - 23.392) - 3 \times 26.565\} \\ &= 25.427 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

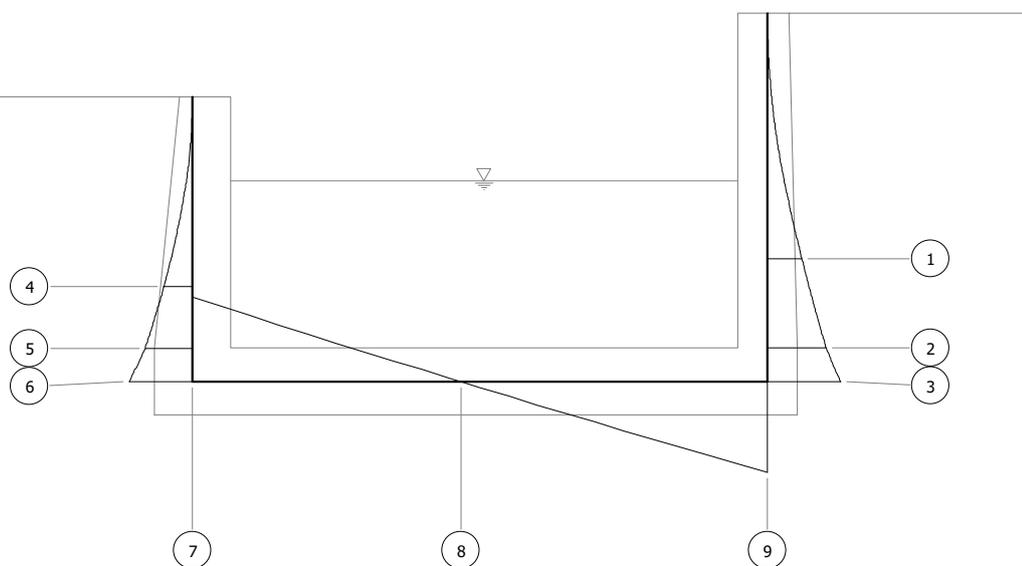
11) 断面力一覧

右側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	1	側壁高の 1 / 3	1.467	16.558	8.365
2	底版の上面	2.000	28.234	20.212	
3	側壁付根	2.200	35.001	26.525	
左側壁	記号	位置	h(m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	4	側壁高の 1 / 3	1.133	13.776	5.473
	5	底版の上面	1.500	22.796	12.123
6	側壁付根	1.700	30.413	17.429	
底版	記号	位置	χ (m)	せん断力 S (kN)	曲げモーメント M (kN・m)
	7	左側壁付け根	0.000	-41.010	17.429
	8	最大モーメント	1.588	0.000	-14.823
9	右側壁付け根	3.400	43.917	25.427	

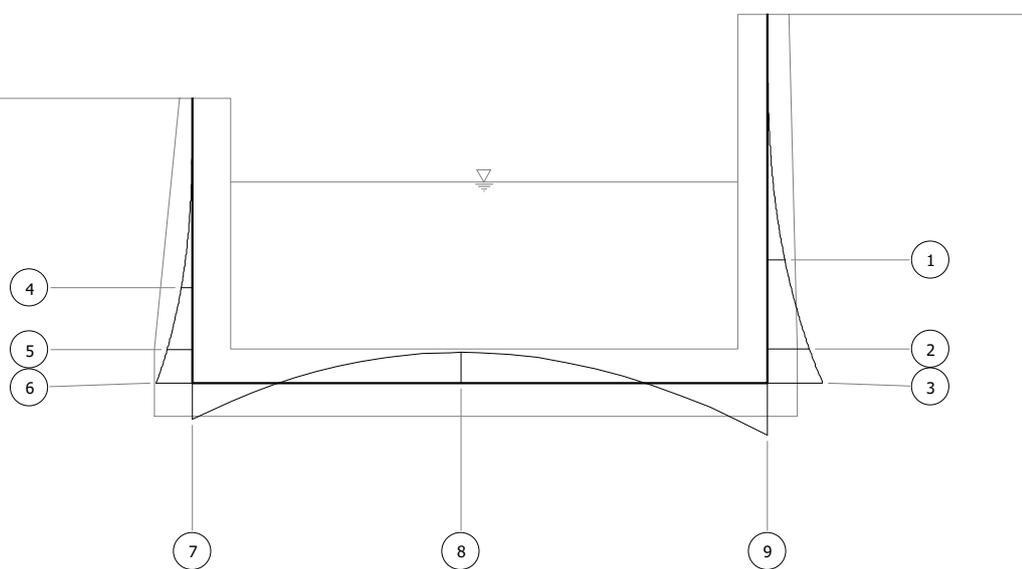
断面力は荷重方向により以下のように表示する。

外側：プラス / 内側：マイナス

12) せん断力図



13) 曲げモーメント図



8 段落とし位置の計算

8.1 右側壁外側

側壁の鉄筋量を半減する位置は、水路の場合 $1/2A_s(A_{s2})$ に対する鉄筋の応力度が許容応力度 σ_{sa} に等しくなる位置に定着長 (L_d+L_s) を加えた長さ L_1 とする。

1) 基本定着長の算出

引張鉄筋の基本定着長 L_d は、次式により求める。ただし、この値は 20ϕ 以上とする。

$$L_d = \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi$$

ここに、

L_d : 引張り鉄筋の基本定着長(mm)

ϕ : 主鉄筋の直径(mm)

σ_{sa} : 鉄筋の基本定着長を算出する場合の許容引張り応力度(N/mm²)

τ_{oa} : コンクリートの許容付着応力度(N/mm²)

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28\phi \text{とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

2) 釣り合い応力位置の算出と段落とし位置の算出

鉄筋量を減じた (A_{s2}) 時の応力度 (σ_{s2}) が許容応力度 (σ_{sa}) に等しくなる位置 (h_{s2}) を求める。

h_{s2} の位置は曲げモーメントや部材厚により変化するため、比較計算を行い σ_{sa} を越えない近似値になる位置をcm単位で求めた。その時の天端からの位置 (h_{s2}) と外力を次表にまとめる。

また鉄筋の段落とし位置は、常時・地震時を比較し鉄筋長が長くなる方を採用する。

荷重ケース		天端からの距離 h_{s2} (m)	部材有効高さ $d [L_s]$ (m)	曲げモーメント M (N/mm ²)	引張応力度 σ_{s2} (N/mm ²)	段落し位置 (切り上げ) L_1 (m)
常時	ケース 1	2.200	0.290	12.369	80.206	0.830
	ケース 3	2.200	0.290	8.275	53.659	0.830
地震時	ケース 1	2.200	0.290	28.235	183.088	0.830
	ケース 3	2.200	0.290	26.525	171.999	0.830

立ち上げ鉄筋量 $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$ $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.200(\text{m})$

$L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$ $L_d = 0.532(\text{m})$ $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$

上記結果より、段落とし鉄筋長 $L_1 = 0.83(\text{m})$ 天端からの位置 $h_{s3} = 1.37(\text{m})$

8.2 右側壁内側

側壁の鉄筋量を半減する位置は、水路の場合 $1/2A_s(A_{s2})$ に対する鉄筋の応力度が許容応力度 σ_{sa} に等しくなる位置に定着長 (L_d+L_s) を加えた長さ L_1 とする。

1) 基本定着長の算出

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28\phi \text{とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

2) 釣り合い応力位置の算出と段落とし位置の算出

鉄筋量を減じた (A_{s2}) 時の応力度 (σ_{s2}) が許容応力度 (σ_{sa}) に達しないため、釣り合い位置を付根として計算を行う。

釣り合い位置 $h_{s2} = 2.200(\text{m})$

部材有効高さ $L_s = 0.290(\text{m})$

立ち上げ鉄筋量 $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$ $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 2.200(\text{m})$

$L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$ $L_d = 0.532(\text{m})$ $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$

上記結果より、段落とし鉄筋長 $L_1 = 0.83(\text{m})$ 天端からの位置 $h_{s3} = 1.37(\text{m})$

8.3 左側壁外側

側壁の鉄筋量を半減する位置は、水路の場合 $1/2A_s(A_{s2})$ に対する鉄筋の応力度が許容応力度 σ_{sa} に等しくなる位置に定着長 (L_d+L_s) を加えた長さ L_1 とする。

1) 基本定着長の算出

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28 \phi \text{ とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

2) 釣り合い応力位置の算出と段落とし位置の算出

荷重ケース		天端からの距離 h_{s2} (m)	部材有効高さ $d [L_s]$ (m)	曲げモーメント M (N/mm ²)	引張応力度 σ_{s2} (N/mm ²)	段落し位置 (切り上げ) L_1 (m)
常時	ケース 1	1.700	0.390	10.340	49.383	0.930
	ケース 3	1.700	0.390	4.208	20.097	0.930
地震時	ケース 1	1.700	0.390	19.261	91.989	0.930
	ケース 3	1.700	0.390	17.429	83.239	0.930

立ち上げ鉄筋量 $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$ $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.700(\text{m})$
 $L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$ $L_d = 0.532(\text{m})$ $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$
 上記結果より、段落とし鉄筋長 $L_1 = 0.93(\text{m})$ 天端からの位置 $h_{s3} = 0.77(\text{m})$

8.4 左側壁内側

側壁の鉄筋量を半減する位置は、水路の場合 $1/2A_s(A_{s2})$ に対する鉄筋の応力度が許容応力度 σ_{sa} に等しくなる位置に定着長 (L_d+L_s) を加えた長さ L_1 とする。

1) 基本定着長の算出

$$\begin{aligned} L_d &= \sigma_{sa} / (4 \cdot \tau_{oa}) \cdot \phi \\ &= 176.0 / (4 \times 1.60) \times \phi \\ &= 27.50 \phi \\ \therefore & 28 \phi \text{ とする。} \\ &= 28 \times 19 = 532 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

2) 釣り合い応力位置の算出と段落とし位置の算出

鉄筋量を減じた (A_{s2}) 時の応力度 (σ_{s2}) が許容応力度 (σ_{sa}) に達しないため、釣り合い位置を付根として計算を行う。

釣り合い位置 $h_{s2} = 1.700(\text{m})$
 部材有効高さ $L_s = 0.390(\text{m})$
 立ち上げ鉄筋量 $A_{s2} = 573.0(\text{mm}^2)$ $h_{s1} = \text{壁高} + \text{底版厚} / 2 = 1.700(\text{m})$
 $L_1 = h_{s1} - h_{s2} + L_d + L_s$ $L_d = 0.532(\text{m})$ $h_{s3} = h_{s2} - L_d - L_s$
 上記結果より、段落とし鉄筋長 $L_1 = 0.93(\text{m})$ 天端からの位置 $h_{s3} = 0.77(\text{m})$

8.5 断面検討位置

右側壁	記号	位置	h(m)
	1	段落し位置	1.370
	2	側壁高の1/3	1.467
	3	底版の上面	2.000
	4	釣り合い応力位置 側壁付根	2.200
左側壁	記号	位置	h(m)
	5	段落し位置	0.770
	6	側壁高の1/3	1.133
	7	底版の上面	1.500
	8	釣り合い応力位置 側壁付根	1.700

9 部材厚の算出

- ・軸線が鉛直の場合

$$W = (T_2 - T_1) \cdot h / H + T_1$$

ただし、 $h > H$ の場合は、 $W = T_2$

ここに、

- W : 部材厚 (mm)
- h : 側壁天端から照査位置までの鉛直距離 (mm)
- T₁ : 側壁天端の水平幅 (mm)
- T₂ : 側壁下端の水平幅 (mm)
- H : 側壁天端から側壁下端までの鉛直距離 (mm)

- ・右側壁部材厚一覧表

No	照査位置 h (mm)	部材厚 W (mm)
1	1,370	334
2	1,467	337
3	2,000	350
4	2,200	350

- ・左側壁部材厚一覧表

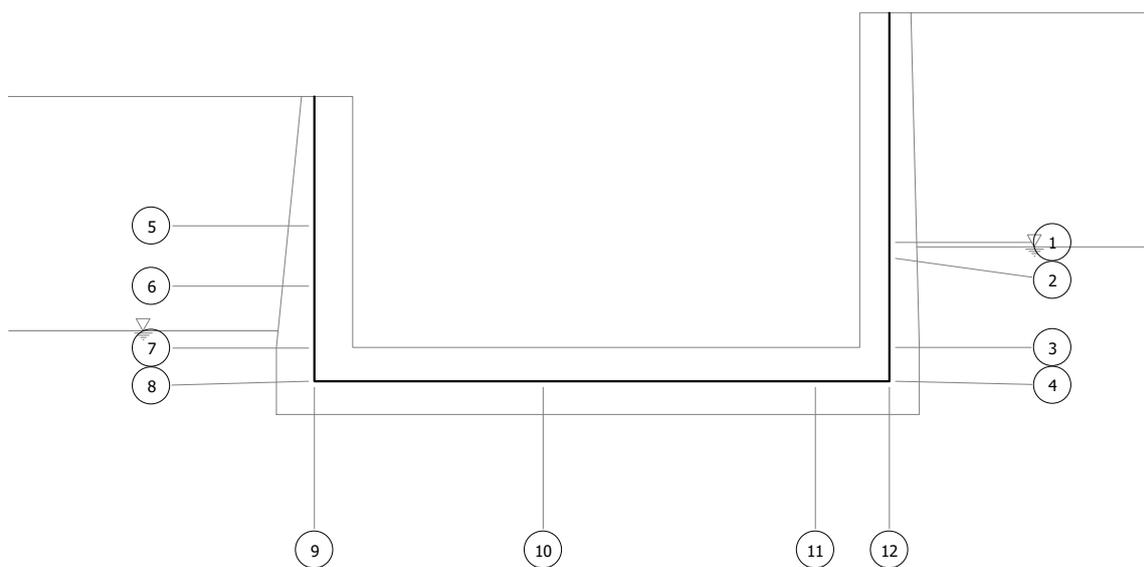
No	照査位置 h (mm)	部材厚 W (mm)
1	770	377
2	1,133	413
3	1,500	450
4	1,700	450

10 応力度計算(鉄筋)

10.1 荷重組み合わせパターン(常時: ケース1)

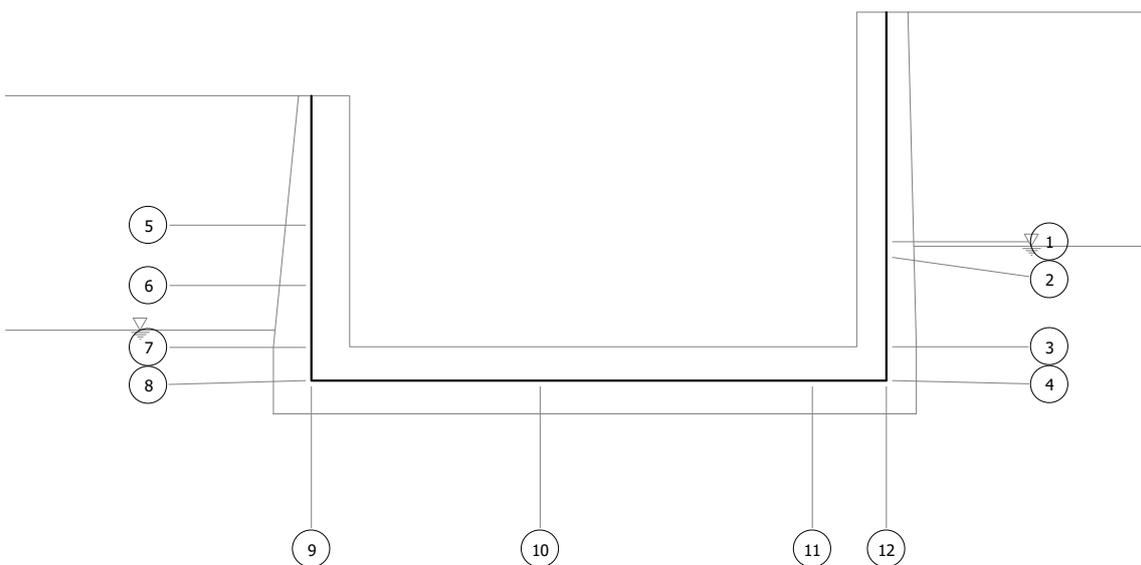
1) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		2.785	3.420	9.018	12.369	0.957	3.048	7.074	10.340
	せん断力 S (kN)		6.099	7.015	14.761	18.863	3.728	8.070	14.195	18.610
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	9.000	0.362	0.334	0.819	1.123	0.099	0.201	0.397	0.580
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	19.149	11.952	30.039	41.201	5.660	8.271	17.305	25.295
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.024	0.028	0.056	0.072	0.013	0.025	0.040	0.052
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.600	0.100	0.117	0.235	0.300	0.053	0.105	0.166	0.217
判 定			OK							
計 算 式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			



2) 応力度計算表(鉄筋)

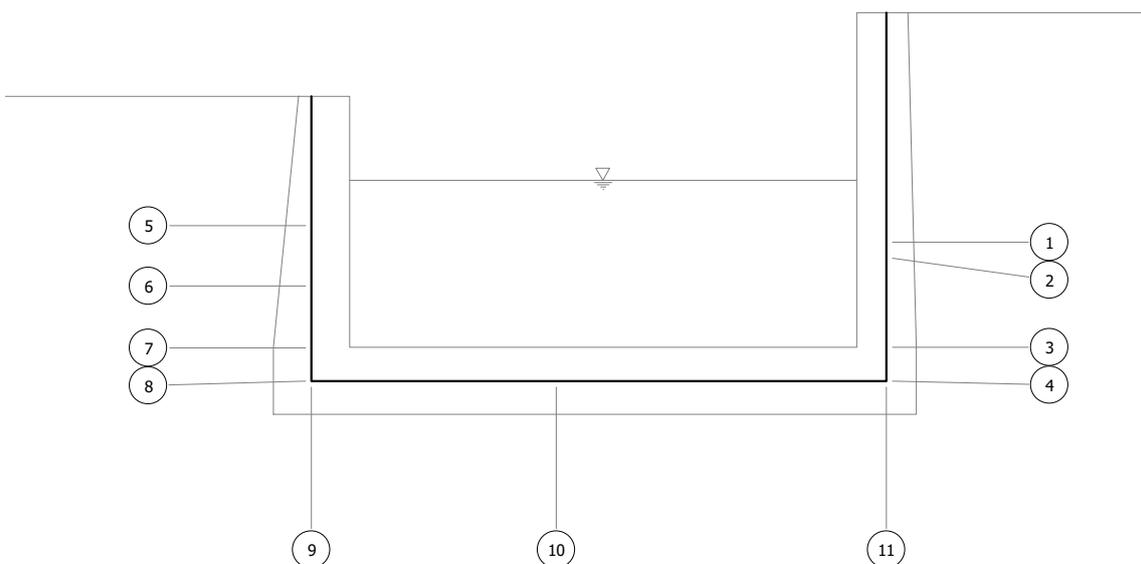
		許容値	底 版			
			9	10	11	12
検討位置 H (m)			0.000	1.354	2.961	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		10.340	-50.661	-5.952	12.369
	せん断力 S (kN)		-99.976	0.000	41.734	41.734
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		1146	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340	340
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L _c		—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	9.000	0.725	3.551	0.417	0.867
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	29.177	142.953	16.795	34.902
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.323	0.000	0.135	0.135
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.600	1.347	0.000	0.562	0.562
判 定			OK	OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算			



10.2 荷重組み合わせパターン（常時：ケース3）

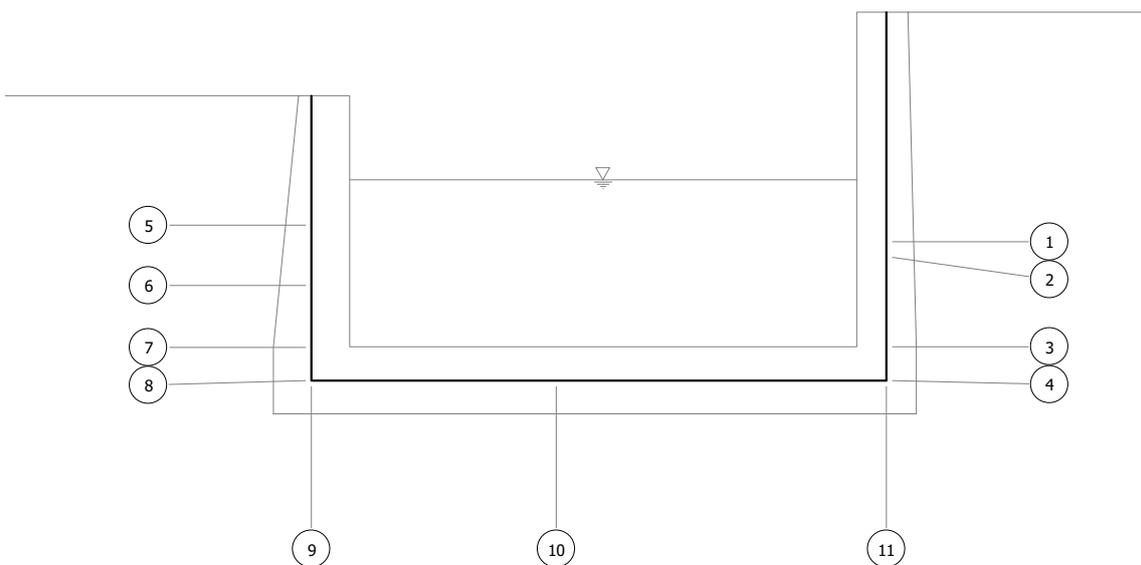
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		2.547	3.062	6.547	8.275	0.602	1.605	3.052	4.208
	せん断力 S (kN)		5.087	5.533	7.370	9.947	2.112	3.383	4.471	7.137
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 L_c		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	9.000	0.331	0.299	0.594	0.751	0.062	0.106	0.171	0.236
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	176.000	17.513	10.701	21.808	27.564	3.560	4.356	7.466	10.294
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	176.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.020	0.022	0.028	0.038	0.007	0.011	0.013	0.020
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	1.600	0.084	0.092	0.117	0.158	0.030	0.044	0.052	0.083
判定			OK							
計算式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			



2) 応力度計算表(鉄筋)

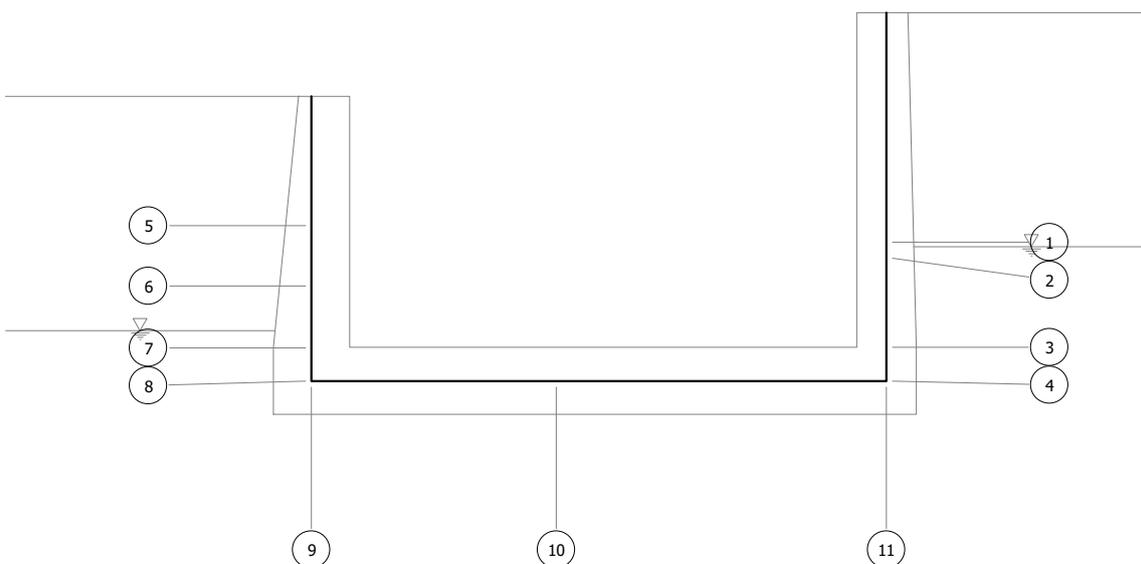
		許容値	底 版		
			9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	1.448	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		4.208	-54.272	8.275
	せん断力 S (kN)		-87.885	0.000	51.177
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L _c		—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	9.000	0.295	3.804	0.580
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	176.000	11.874	153.142	23.350
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	176.000	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.450	0.284	0.000	0.165
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	1.600	1.184	0.000	0.690
判 定			OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算		



10.3 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース1）

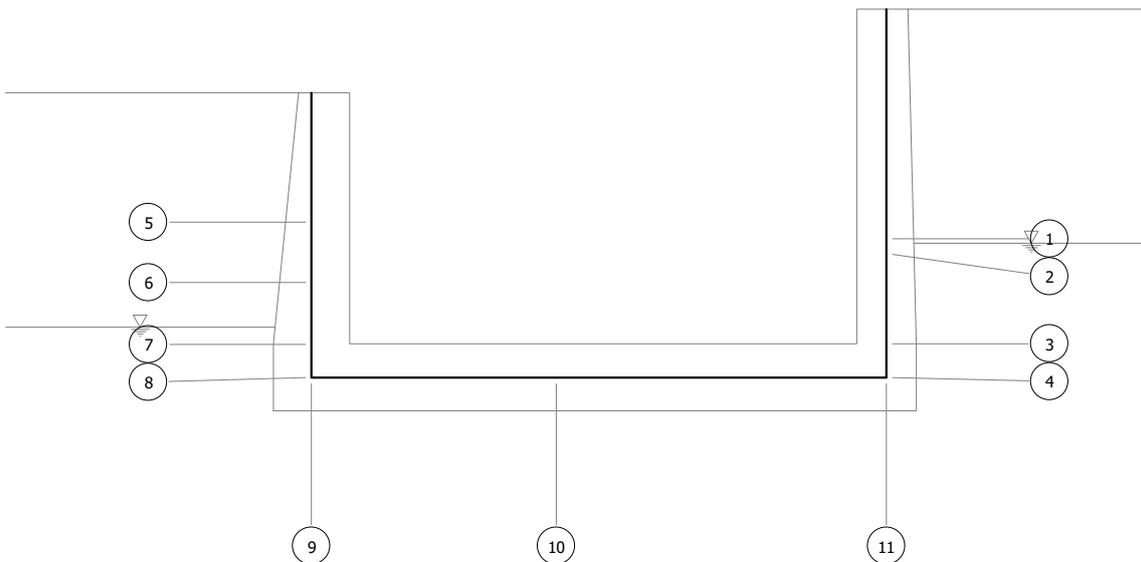
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		6.616	8.124	20.937	28.235	1.786	5.689	13.203	19.261
	せん断力 S (kN)		14.488	16.634	32.641	40.498	6.957	15.063	26.451	34.353
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 A_s (mm ²)		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A_s' (mm ²)		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 L_c		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	0.861	0.794	1.900	2.563	0.184	0.375	0.741	1.081
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	45.491	28.391	69.741	94.051	10.563	15.438	32.299	47.118
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.057	0.067	0.125	0.155	0.024	0.047	0.074	0.096
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.238	0.278	0.519	0.644	0.098	0.195	0.309	0.401
判定			OK							
計算式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			



2) 応力度計算表(鉄筋)

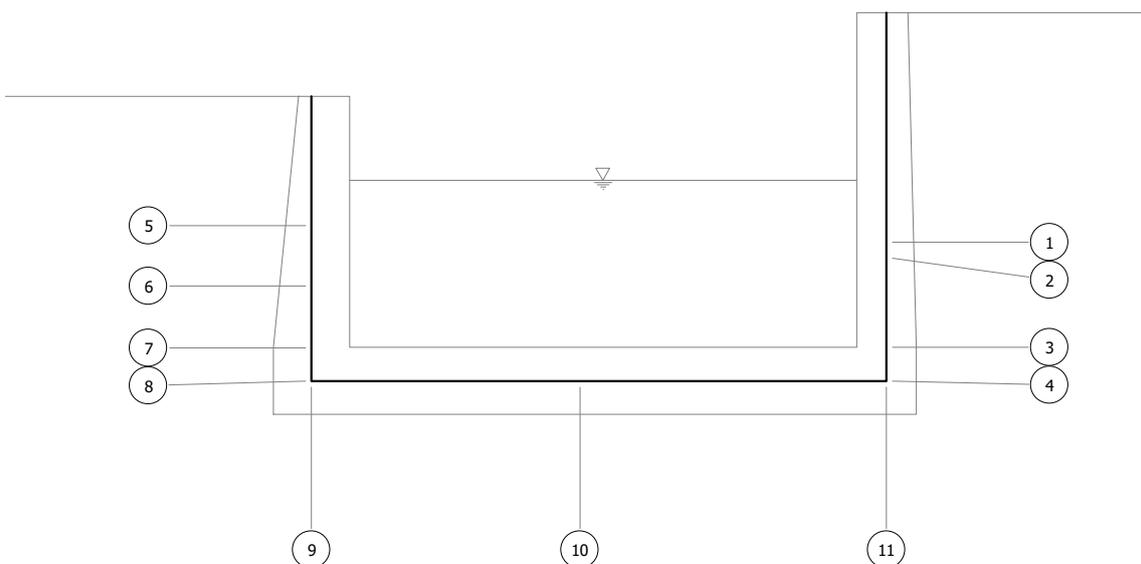
		許容値	底 版		
			9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	1.446	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		19.261	-12.928	28.235
	せん断力 S (kN)		-47.352	0.000	36.959
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L _c		—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	13.500	1.350	0.906	1.979
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	264.000	54.350	36.480	79.672
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	264.000	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.153	0.000	0.120
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	2.400	0.638	0.000	0.498
判 定			OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算		



10.4 荷重組み合わせパターン（地震時：ケース3）

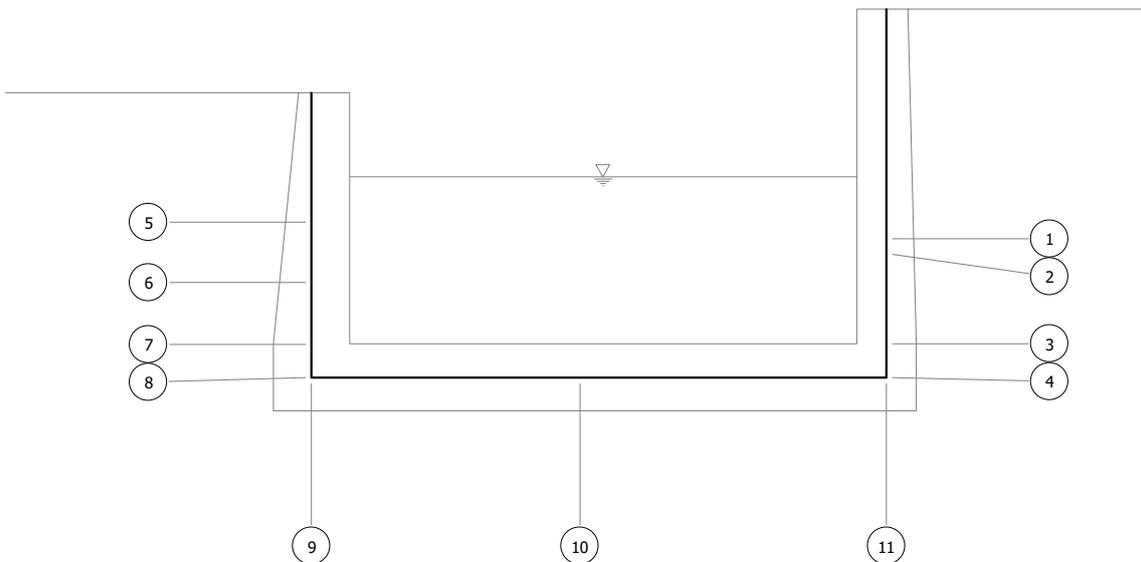
1) 応力度計算表（鉄筋）

		許容値	右側壁				左側壁			
			1	2	3	4	5	6	7	8
検討位置 H (m)			1.370	1.467	2.000	2.200	0.770	1.133	1.500	1.700
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		6.851	8.365	20.212	26.525	1.794	5.473	12.123	17.429
	せん断力 S (kN)		14.653	16.558	28.234	35.001	6.828	13.776	22.796	30.413
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		334	337	350	350	377	413	450	450
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60	60	60	60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@500	D19@250	D19@250	D19@250	D19@500	D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—	—	—	—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側							
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		573	1146	1146	1146	573	1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240	240	240	240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		274	277	290	290	317	353	390	390
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—	—	—	—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00209	0.00414	0.00395	0.00395	0.00181	0.00325	0.00294	0.00294
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸比 k		0.22100	0.29575	0.29005	0.29005	0.20745	0.26728	0.25614	0.25614
	応力軸比 j		0.92633	0.90142	0.90332	0.90332	0.93085	0.91091	0.91462	0.91462
	係数 L _c		—	—	—	—	—	—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		60.55	81.92	84.11	84.11	65.76	94.35	99.89	99.89
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	13.500	0.892	0.818	1.835	2.408	0.185	0.361	0.680	0.978
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)	264.000	47.107	29.233	67.326	88.355	10.610	14.852	29.657	42.637
	圧縮応力度 σ_s' (N/mm ²)	264.000	—	—	—	—	—	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.058	0.066	0.108	0.134	0.023	0.043	0.064	0.085
	付着応力度 τ_o (N/mm ²)	2.400	0.241	0.276	0.449	0.557	0.096	0.179	0.266	0.355
判定			OK							
計算式			単鉄筋計算				単鉄筋計算			

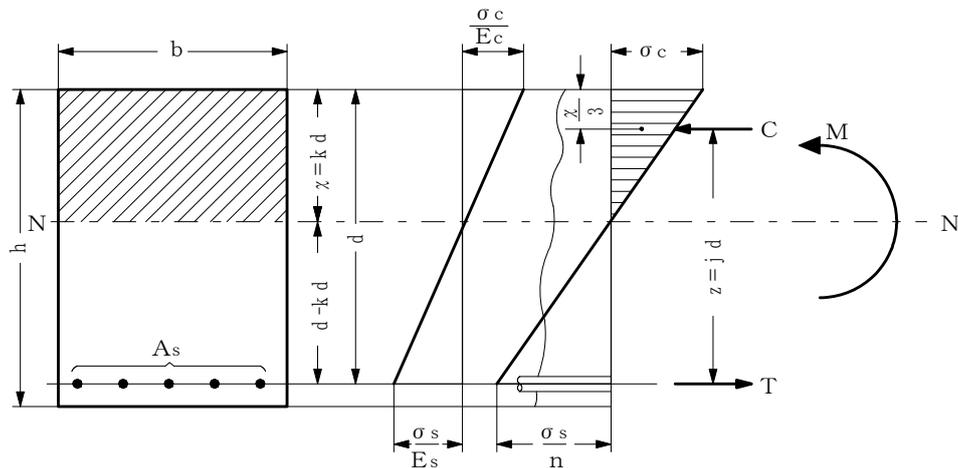


2) 応力度計算表(鉄筋)

		許容値	底 版		
			9	10	11
検討位置 H (m)			0.000	1.588	3.400
断面力	曲げモーメント M (kN・m)		17.429	-14.823	25.427
	せん断力 S (kN)		-41.010	0.000	43.917
部材	単位部材幅 b (mm)		1000	1000	1000
	部材厚 h (mm)		400	400	400
配筋計画	引張側 かぶり c (mm)		60	60	60
	圧縮側 かぶり c' (mm)		—	—	—
	引張側 鉄筋・ピッチ		D19@250	D19@250	D19@250
	圧縮側 鉄筋・ピッチ		—	—	—
断面力方向及び引張鉄筋 内・外			外側	内側	外側
データ	引張側 鉄筋断面積 A _s (mm ²)		1146	1146	1146
	圧縮側 鉄筋断面積 A _s ' (mm ²)		—	—	—
	鉄筋周長 U (mm)		240	240	240
	有効部材厚 d (mm)		340	340	340
	圧縮側かぶり d' (mm)		—	—	—
係数	ヤング係数比 n		15.00	15.00	15.00
	引張鉄筋比 p		0.00337	0.00337	0.00337
	圧縮鉄筋比 p'		—	—	—
	中立軸比 k		0.27141	0.27141	0.27141
	応力軸比 j		0.90953	0.90953	0.90953
	係数 L _c		—	—	—
	中立軸の位置 χ (mm)		92.28	92.28	92.28
計算結果	曲げ圧縮応力度 σ _c (N/mm ²)	13.500	1.222	1.039	1.782
	引張応力度 σ _s (N/mm ²)	264.000	49.180	41.827	71.749
	圧縮応力度 σ _s ' (N/mm ²)	264.000	—	—	—
	せん断応力度 τ (N/mm ²)	0.670	0.133	0.000	0.142
	付着応力度 τ _o (N/mm ²)	2.400	0.553	0.000	0.592
判 定			OK	OK	OK
計 算 式			単鉄筋計算		



単鉄筋の算定式



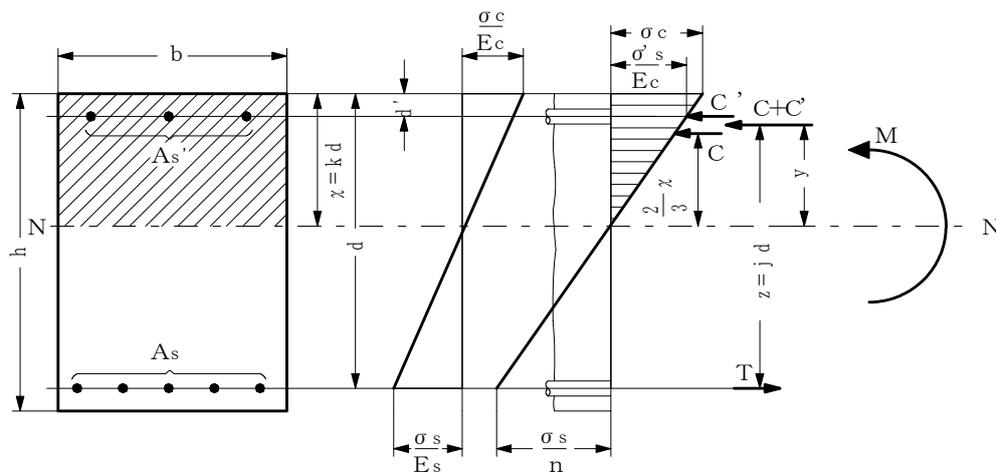
$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$k = \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$\sigma_c = \frac{2M}{k \cdot j \cdot b \cdot d^2} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d}$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d}$$

複鉄筋の算定式



$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$p' = \frac{A_s'}{b \cdot d}$$

$$k = \sqrt{2n \left(p + p' \cdot \frac{d'}{d} \right) + n^2 (p + p')^2} - n (p + p')$$

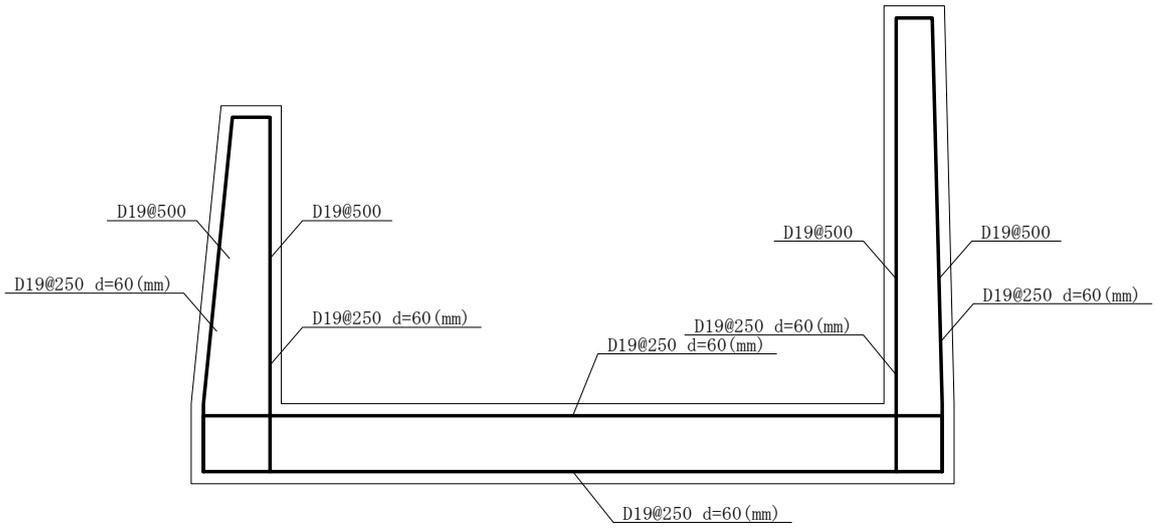
$$j = \frac{k^2 \left(1 - \frac{k}{3} \right) + 2n p' \left(k - \frac{d'}{d} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right)}{k^2 + 2n p' \left(k - \frac{d'}{d} \right)}$$

$$\sigma_c = \frac{M}{b \cdot d^2 \cdot L_c} \quad L_c = \frac{k}{2} \left(1 - \frac{k}{3} \right) + \frac{n p'}{k} \left(k - \frac{d'}{d} \right) \left(1 - \frac{d'}{d} \right)$$

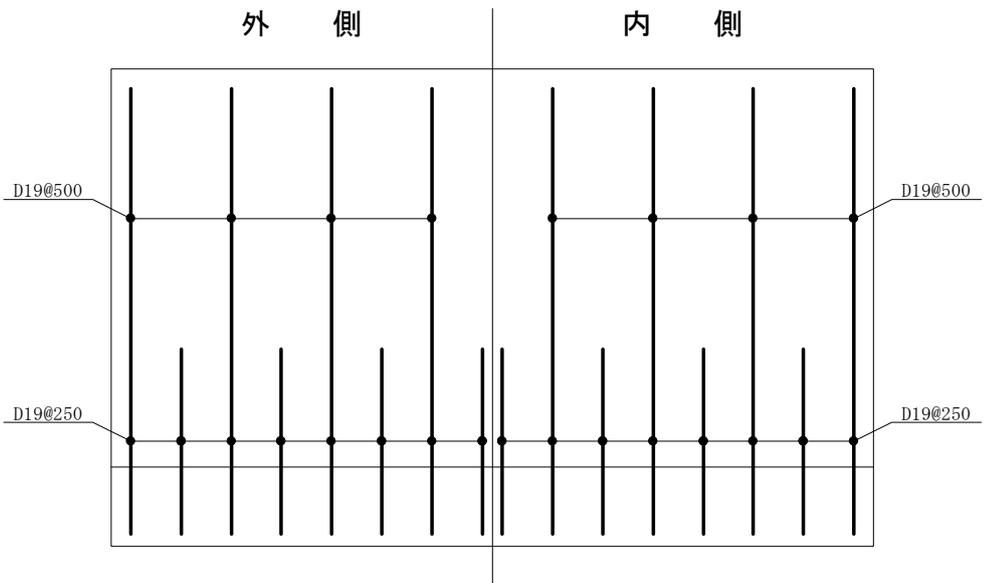
$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \cdot j \cdot d} \quad \tau = \frac{S}{b \cdot j \cdot d} \quad \tau_0 = \frac{S}{U \cdot j \cdot d} \quad \sigma_{s'} = n \cdot \sigma_c \left(1 - \frac{d'}{k \cdot d} \right)$$

11. 配筋图

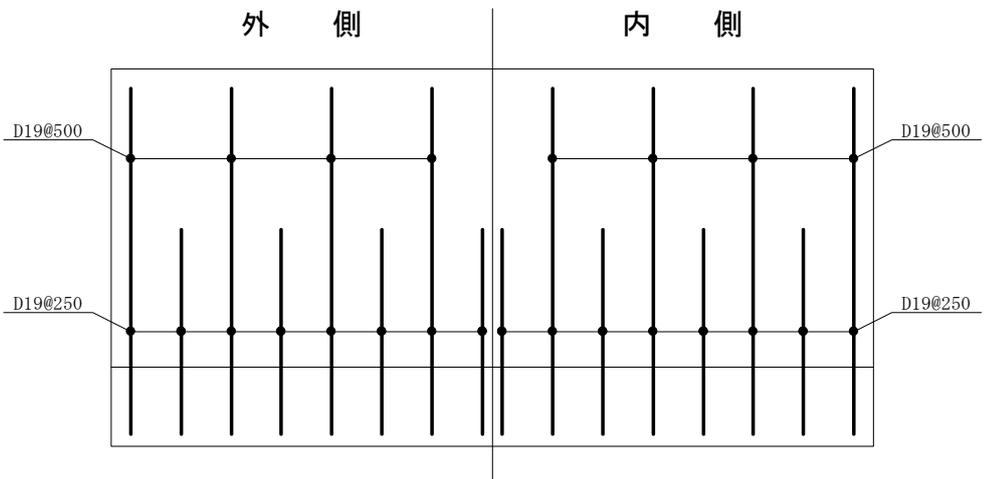
1) 正面图



2) 右侧壁图



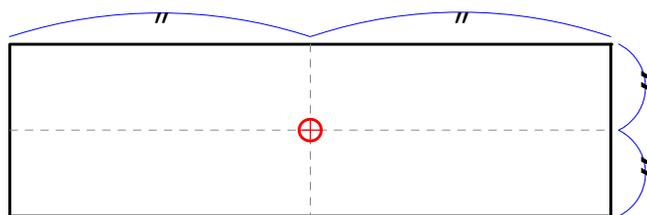
3) 左侧壁图



参考資料 重心の計算

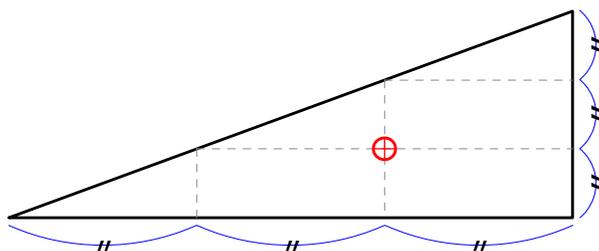
1. 長方形の重心

長方形の重心は、水平・垂直共に辺長の $1/2$ の位置となる。
丸は重心の位置を示す。



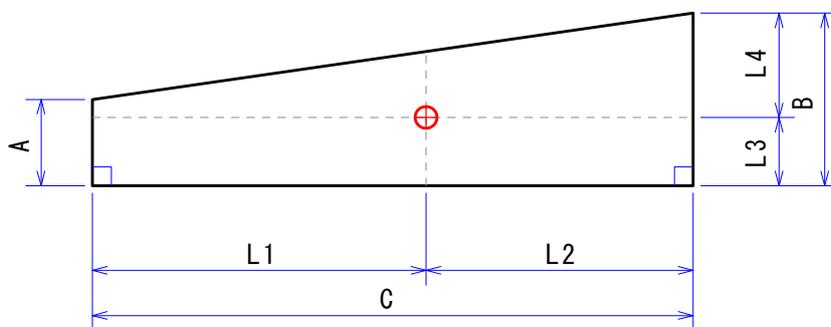
2. 直角三角形の重心

直角三角形の重心は、水平・垂直共に直角をなす角より辺長の $1/3$ の位置となる。
丸は重心の位置を示す。



3. 台形（直角のある台形）の重心

二つの直角を含む台形の基点から重心までの距離は、基点の位置や台形の向きにより縦横それぞれの計算式が異なる。
各点から重心までの距離を求める式を以下に示す。
台形の向きや基点の位置に応じて適時読み替えを行う。
丸は重心の位置を示す。



$$L1 = \frac{C}{3} \cdot \frac{A + 2B}{A + B}$$

$$L3 = \frac{1}{3} \left(A + B - \frac{A \cdot B}{A + B} \right)$$

$$L2 = \frac{C}{3} \cdot \frac{2A + B}{A + B}$$

$$L4 = \frac{1}{3} \left(2B - \frac{A^2}{A + B} \right)$$