

Excelで解く樋門設計

第1章 設計の基本

[「スタートメニュー」に戻る](#)

1-1. 設計の概要

1-1-1. 設計の構成と注意事項

本設計は主として中小河川に設置する樋門工の構造計算をおこなうもので、以下の内容で構成されています。

- 第1章 : 設計の基本
- 第2章 : 設計計画
- 第3章 : 函渠工 (BOX) の設計
- 第4章 : 門柱の設計
- 第5章 : 川裏胸壁の設計
- 第6章 : 川表胸壁の設計
- 第7章 : 川裏翼壁 (柵型構造) の設計
- 第8章 : 川表翼壁 (U型水路) の設計
- 第9章 : 川表翼壁 (L型擁壁) の設計
- 第10章 : 基礎地盤 (沈下量) の設計

設計は1.50×1.50BOX断面で設計していますが、多様な断面に適用できるよう入力するページと主とする設計結果をシートの始めに構成し、次に詳細設計を記載しています。

設計計算については市販されている文献や設計事例等で照査して満足する結果が得られていますが、著しく大きな構造や特殊な断面については十分な照査が必要です。また、断面力等のグラフについては計算結果により縮尺が変更されるため、多少の手間が必要であることを念頭におかれて設計を進めて下さい。

なお、構造計算については以下の内容でおこなっている。

- ・ 函渠工の設計 : 「たわみ角法」によるラーメン解析
- ・ 門柱の設計 : 函体に固定された「片持ち梁」とし、「たわみ角法」によるラーメン解析
- ・ 川裏胸壁の設計 : 函体に固定された「片持ち梁」として解析
- ・ 川表胸壁の設計 : 函体に固定された「片持ち梁」として解析
- ・ 川裏翼壁U型水路の設計 : 対称荷重が作用するU型フレームの解析
- ・ 川表翼壁U型水路の設計 : 対称荷重が作用するU型フレームの解析
- ・ 川表翼壁L型擁壁の設計 : 「浮力なし」および「浮力あり」の状態、常時、地震時について解析
- ・ 基礎地盤の設計 : 函軸に作用する荷重(分布荷重、集中荷重)と地盤反力係数から、断面力と応力度を解析。また、周辺堤防の残留沈下量と函体沈下量の関係から相対変位量について解析。

1-1-2. 設計に使用した文献および資料

本設計では以下の文献および資料を使用しておこなっております。

表 1.1.1 設計に使用した文献および資料

文献および資料名	発行者	備 考
柔構造樋門設計の手引き	(財)日本国土開発研究センター	
構造力学公式集	(社)土木学会	
水理公式集	(社)土木学会	
土木構造物設計マニュアル(案)(ボックスカルバート・擁壁編)	(社)全日本建設技術協会	
同上に係わる設計・施工の手引き(案)(ボックスカルバート・擁壁編)	//	
土木構造物設計マニュアル(案)樋門編	//	
同上に係わる設計・施工の手引き(案)(樋門編)	//	

1-2. 設計ファイルの取り扱い

1-2-1. ファイルの取り扱い

本設計はMicrosoft社の表計算ソフト「Excel」でおこなっており、このファイルの取り扱いについて記載します。

- ・ファイルは各章ごとに独立しており、それぞれの章ごとに入力が必要です。

123
12
OK

： 入力するセル(黄色で塗りつぶしたセル)。

： 定数または公式で固定されているセル(原則としてこのセルの数値は変更しない)(赤文字)。

： 計算値が許容値を満足した場合および照査が満足した場合のセルで、条件式が入力されています(青文字)。

独立しているファイルを「カストマイズ」することにより、より効率的な設計をおこなうことができます。たとえば、設計計画で求められた結果を独立したファイルにリンクさせると設計は一段と効率的になります。また、シートの左側は設計の基礎となる文献等の記載を表示しておりますが、さらに必要な事項を記載することで設計根拠がより明確となります。

- ・グラフの作成

グラフはデータとリンクしていますが、データの大きさにより縮尺が変化しますので、適時変更手間が必要です。

また、グラフデータは複雑な計算で作成されており、データを削除したりするとグラフの表示ができなくなりますので削除に関しては十分な注意が必要です。なお、部材の断面力は原則として10等分しておりますが、これを増やしたいときは行を挿入しておこなうのが最も効率的で間違いが少ないと思います。

なお、フレーム全体の断面力図には値を表示しておりませんが、個別の断面力図には値が表示できるようになっております。ただし、個別の断面力図はせん断力と曲げモーメントを同時に表示しましたが、Excelのグラフ作成機能では正負の異なる値を表示できなかったことに注意してください(表の値が断面力となります)。

- ・印刷範囲の欄外に赤書きで記載されている事項

設計計算に必要な事項ですので削除しないでください。

- ・セルのリンク

計算されているセルは複数のセルにリンクされています。したがって、計算されたセルを削除するとシート全体の計算ができなくなりますので、セルの削除は原則としておこなわないでください。ただし、リンク先が分かっているときは自由にファイルを変更して計算してください。

- ・試行計算

多次元の数式の計算等で試行計算をおこなう場合がありますが、最初は大きな値を入力し徐々に入力値を小さくすると比較的速く解を得られます。

- ・図の作成

ファイルに表示されている図は、中小河川で最も多いケースを想定して表示しております。しかし、特殊なケースでは図の変更が必要となります。図を変更する場合は「グループ化」していますので「グループ解除」をおこなって変更してください。

- ・計算結果の単位

設計荷重等は奥行き1.0m当たりで計算していますが、1.0mを計算式では省略しています。したがって、計算と計算結果の単位が異なる場合がありますのでご注意ください。

- ・ファイルの管理

このファイルは、使用約款に基づき購入者はパソコン1台でのみ使用してください。違法なコピー等は著作権者とのトラブルを招きますので使用に関しては「使用承諾書」をお読みになり、承諾したうえで十分な管理をお願いします。

1-2-2. 「設計計画」の説明

「第2章 設計計画」は以下の内容で構成されていますが、それぞれの計算では入力が必要です。

2-1. 計画排水量の計算

樋門断面を決定する計画排水量を求めます。集水面積、計画日雨量および排水時間を入力してください。

2-2. 流下断面の計算

2-2-1. BOX断面の流下能力

計画排水量を流下させるBOX断面を決定します。計算は断面を仮定し函体をレベルとし吐口部で限界水深 $h_c (=h_2)$ を与え、不等流計算で呑口水深 h_1 を求めます。さらに、この水深 h_1 に余裕高 $0.10H$ を加え仮定した断面で流下できるかを試行計算して断面を決定します。

本設計ではBOX断面で構造計算をおこなっております。

2-2-2. 円形断面の流下能力

BOX断面と同様に函体をレベルとした不等流計算で呑口水深を求め、この水深に $0.19D$ を加えた断面が仮定した断面で流下できるかを試行計算により求めます。本計算例では「ダクト管」を想定し粗度係数を「 $n=0.016$ 」として計算しています。

2-3. 残留水位の計算

樋門は河川に接続された構造物で、水位条件による構造の安全性を図る必要があります。設計水位は残留水位(背面水位)と前面水位を求める必要があり、それぞれの構造で必要な標高を入力して求めて下さい。

2-4. 設計水平震度の計算

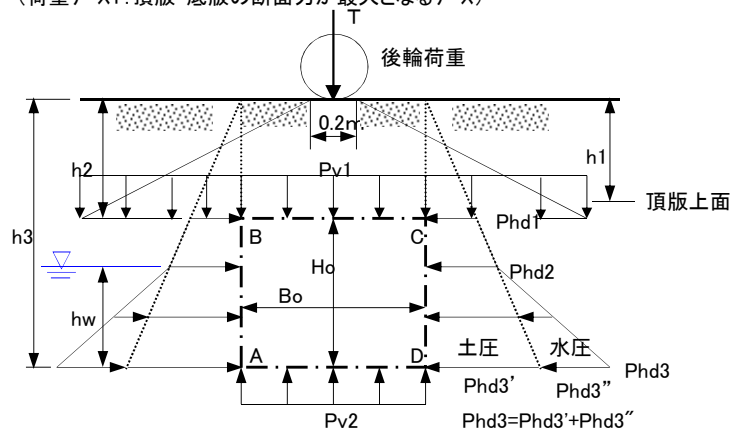
本設計では「震度法」により構造計算をおこなっております。設計震度を求める土質柱状図は仮定したもので適時変更して設計震度を求めて下さい。

2-5. しゃ水効果の検討

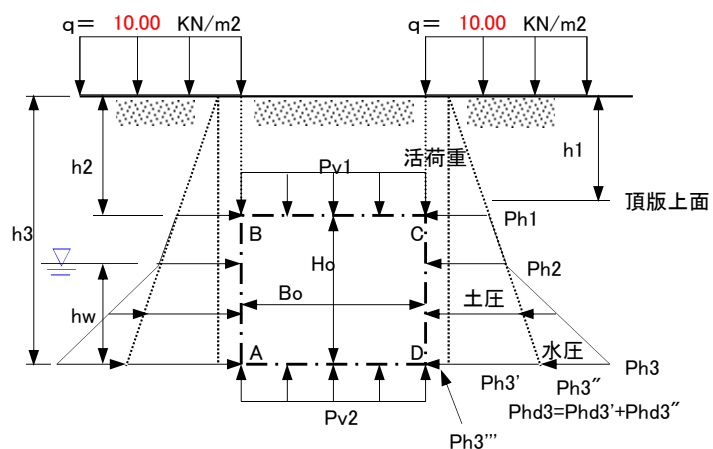
樋門は築堤を横断して設置される構造物で、築堤の安全性を図るためしゃ水工は重要な構造です。この安全性を検討するため土質の性状と矢板等の規模から鉛直方向と水平方向のしゃ水効果を検討します。

「土被り $h_1 < 4.0\text{m}$ 」の場合・・・45° で分散

(荷重ケース1:頂版・底版の断面力が最大となるケース)



(荷重ケース2:側壁の断面力が最大となるケース)



1-2-3. 「函渠工の設計」の説明

「第3章 函渠工の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータを入力し計算結果を確認することができます。本設計では函体の土被りが4.0m以下でおこなっており、4.0m以上の場合は計算の変更が必要です(本ファイルは中小河川に設置される樋門を想定し、土被りを4.0m以下としました)。なお、設計水位については地下水位と川裏胸壁の残留水位の比較から高い方の残留水位として設計しています。

3-1. 函体横方向の計算

3-1-1. 函体の構造図

函体構造の標高および寸法が入力され、以降の計算ではこの数値が計算に反映されます。

3-1-2. 仮定断面およびラーメン寸法

構造計算は「たわみ角法」によるラーメン解析をおこなっており、解析に必要な寸法等を入力します。なお、函体工は土中の構造物であることから温度荷重については検討ケースから除外しております。なお、ラーメン解析は剛域は設けないこととします。

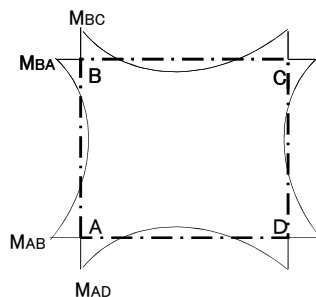
3-1-3. 設計条件

解析に必要な設計条件を入力されます。本設計では前述した主要な文献から設計条件を入力しております。

3-2. 函体横方向の断面力の計算

3-2-1. 荷重ケース1

「荷重ケース1」は、頂版に自動車荷重が作用した場合で、頂版・底版の断面力が最大となるケースの計算です。計算は土被り4.0m以下の場合の自動車荷重ですが、4.0m以上の場合は10KN/m²を等分布で載荷して下さい。なお、対称荷重が作用するラーメン解析では材端モーメントが必ず同値となることを確認して下さい。



$$\sum MA = MAB + MAD = 0$$

$$\sum MB = MBA + MBC = 0$$

ここに、部材回転角「 $R=0$ 」として材端モーメントを求める式は次のとおりである。

$$MAB = -MDC = 2\theta_A + \theta_B - CAB$$

$$MBA = -MCD = 2\theta_B + \theta_A + CBA$$

$$MBC = -MCB = \alpha \cdot \theta_B - CBC$$

$$MAD = -MDA = \beta \cdot \theta_A + CAD$$

θ_A, θ_B : 節点のたわみ角

CAB, CBA, CBC, CAD : 荷重項

α, β : 側壁部材を固定した頂版、底版の係数

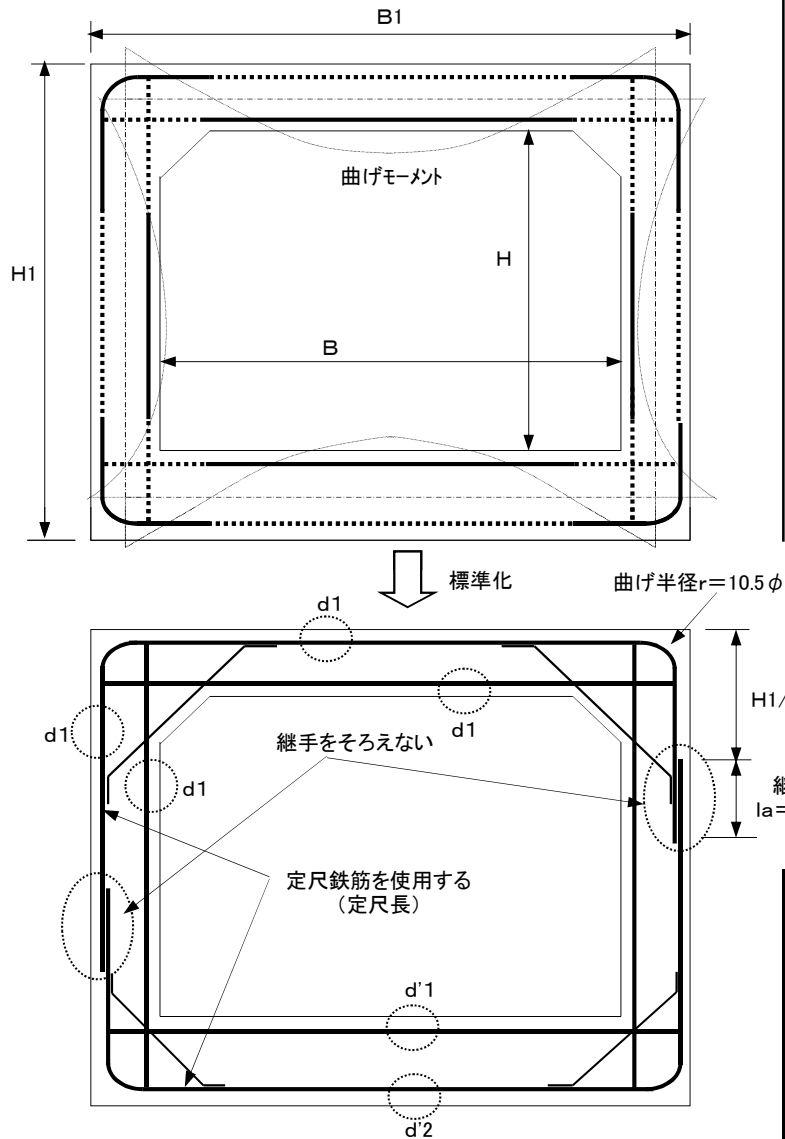
3-2-2. 荷重ケース2

「荷重ケース2」は、側壁の断面力が最大となるケースで側壁に自動車荷重が作用した場合の計算です。「荷重ケース1」と同様に材端モーメントが同値となることを確認してください。

3-2-3. 断面力のまとめ

「荷重ケース1」および「荷重ケース2」で求めた断面力を集計し、各ケースで大きい値の断面力を「設計断面力」として決定します。したがって、応力図の検討はここで決定された断面力(曲げモーメント、せん断力、軸力)で検討します。

なお、断面力図が表示されますがグラフ表示が見やすいようにラーメン軸線と断面力はそれぞれ任意に拡大しております。断面力の大きさはページ内に表示された値を参照してください。また、断面力の大きさによっては全体が表示されない場合がありますが、X軸およびY軸の範囲を調整して全体が表示されるように編集してください。



3-3. 必要部材厚の照査

前述の断面力から函体断面で入力した部材厚が必要部材厚以上であることを照査します。必要部材厚を満足しない場合は部材厚を増加させる必要があります。ここで、必要部材厚を求める曲げモーメント M_s は軸力を考慮し荷重の偏心量 e を求めて決定します。

3-4. 応力度の検討

設計断面力に対し配筋をおこない許容応力度に対する検討をおこないます。

応力度の計算 : 「単鉄筋長方形断面」として応力度を検討します。

- ・ σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度
- ・ σ_s : 鉄筋の引張応力度
- ・ τ_m : コンクリートのせん断応力度(端部および $2d$ 位置で検討)

3-5. 配筋計画

3-5-1. 配筋の標準化

応力度の検討で求められた配筋をおこないます。配筋は施工の単純化を図るため「土木構造物設計マニュアル(樋門編)」に基づきおこないます。

3-5-2. 配筋計画

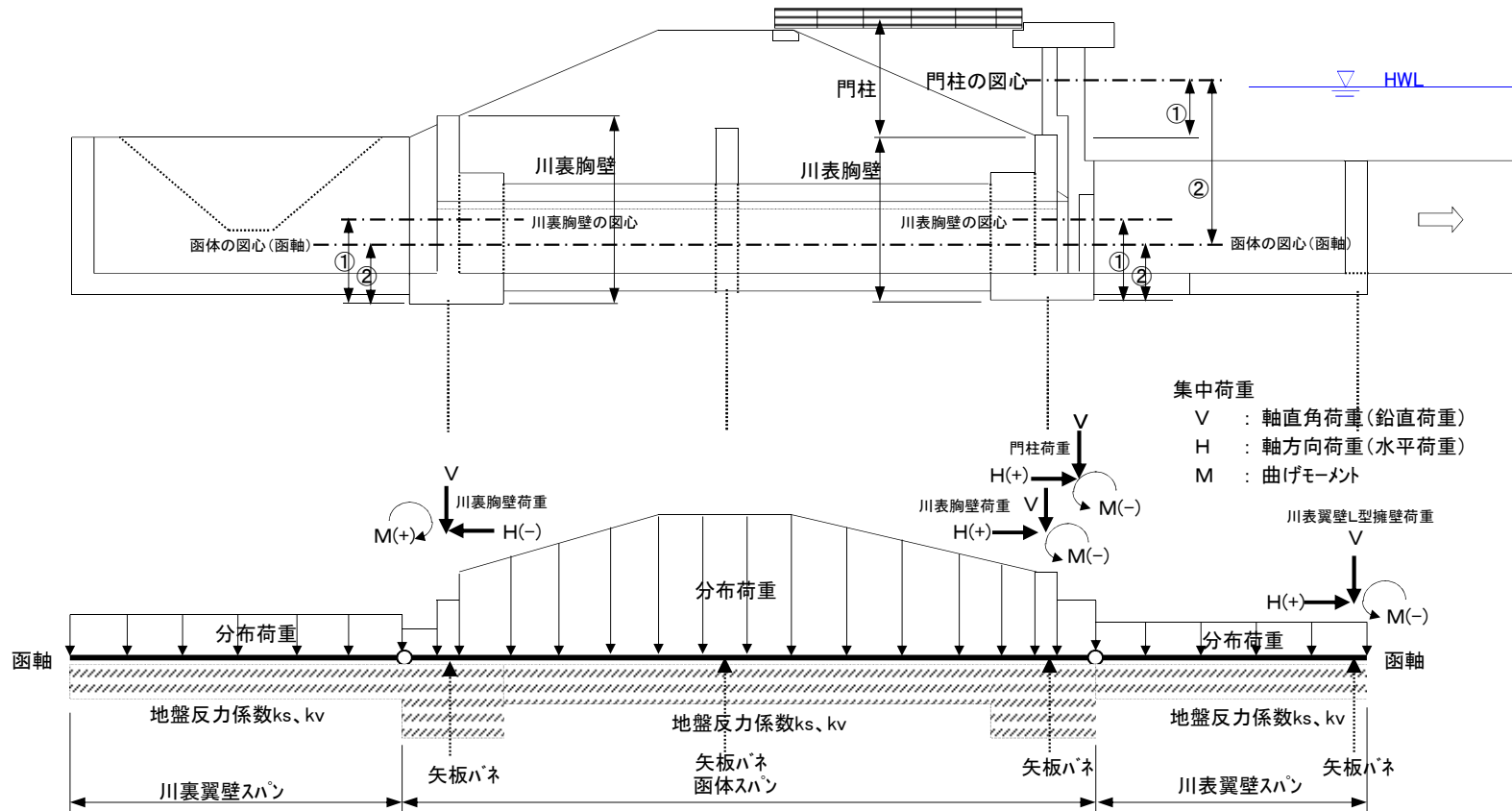
従来の配筋は曲げモーメントの引張側に主鉄筋を配筋していましたが、「設計マニュアル」では定尺鉄筋を使用することが原則となっております。このことから、小規模な断面では側壁鉄筋は頂版鉄筋および底板鉄筋と一体となるため、各部材で決定された鉄筋の大きい方の鉄筋を配筋する必要がありますので、応力度もこのことを考慮した検討が必要です。

なお、配力筋は施工性を考慮し主鉄筋の外側に配筋します。

3-6. 函軸の決定

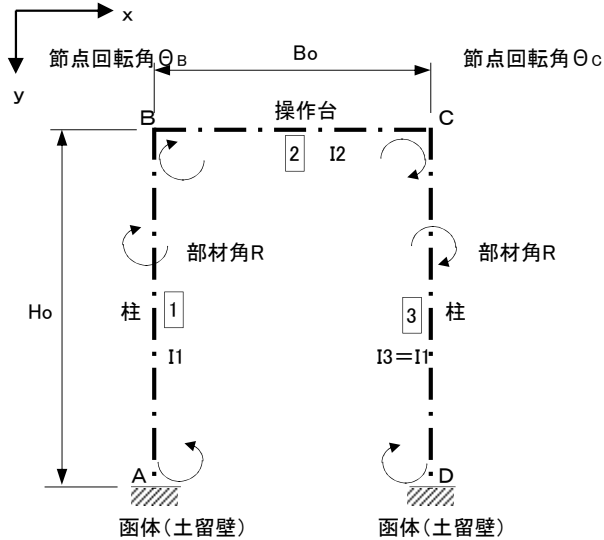
樋門は柔構造として設計することが原則とされ、函体についても縦方向の構造解析が必要です。縦方向の計算は「弾性床上の梁」としておこないますが荷重および地盤反力は函軸に作用するモデルとします。函軸は函体の断面二次モーメントより位置を求めて決定します。

なお、胸壁、門柱等の荷重についてはこの函軸へシフトさせて函体縦方向の計算をおこなうこととなります。



3-7. 地盤反力の計算

「荷重ケース1」および「荷重ケース2」について地盤反力を求めます。地盤反力は底版のラーメン軸線で求め、地盤支持力との検討は大きい方の荷重ケースでおこないます。



(門形ラーメンの構造)

【メモ】

・ 構造解析の方法

不静定構造物を解くにあたっては「応力法」と「変位法」がある。

「応力法」

構造物の未知変数(値)を不静定に等しい数だけの断面力や支点反力等の部材力とし、次に、この不静定構造物から断面力および反力を解放する解析をおこなう。このようにして得られた構造物を静定基本系といい、この解放された断面力および反力を不静定力として解く方法である

「変位法」

構造物の自由度に等しい数(節点)の変位を未知変数とし、各部材について得られる「カー変位」の関係式から変位のみを未知数とする方程式を導き、この方程式から応力を求める方法である。

応力法には、三連・四連モーメント法や最小仕事の原理などの補エネルギーに関する定理を用いた解法があるが、不静定力の選び方に人為的な判断を要し、高次不静定構造物では式の作成が煩雑になる。

変位法には、一般に「たわみ角法」がよく用いられており、方程式の作成を機械的に行うことができる長所がある。近年では構造物の形状によらず方程式を統一的に組み立てる「マトリクス変位法」が用いられており、とくに非線形解析に適用しやすいのでソフトウェアの作成に多く見られる。

1-2-4. 「門柱の設計」の説明

「第4章 門柱の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータ入力をおこなうことにより計算結果を確認することができます。本設計では荷重の種別により以下のケースで設計をおこなっております。なお、風荷重は片方から作用する解析とします。

- ・ 荷重ケース1・・・「常時」
- ・ 荷重ケース2・・・「常時+温度荷重(+15℃)」
- ・ 荷重ケース3・・・「常時+温度荷重(-15℃)」
- ・ 荷重ケース4・・・「常時+風荷重」
- ・ 荷重ケース5・・・「常時+風荷重+温度荷重(+15℃)」
- ・ 荷重ケース6・・・「常時+風荷重+温度荷重(-15℃)」
- ・ 荷重ケース7・・・「地震時」
- ・ 荷重ケース8・・・「地震時+温度荷重(+15℃)」
- ・ 荷重ケース9・・・「地震時+温度荷重(-15℃)」

4-1. 門柱の設計

4-1-1. 門柱の構造

門柱は函体(土留壁)に固定された門形ラーメンとして解析します。解析手法は函体(BOX)と同様に「たわみ角法」でおこないます。

4-1-2. 設計条件

解析に必要な設計条件が入力されます。本設計では前述した主要な文献から設計条件を入力しております。

4-2. 門柱横方向の設計

4-2-1. 柱断面の諸定数の計算

ラーメン解析に必要な柱部材の断面積、図心および断面二次モーメントを求めます。

4-2-2. 操作台断面の諸定数の計算

ラーメン解析に必要な操作台部材の有効断面積、図心および断面二次モーメントを求めます。

4-2-3. 断面諸定数の集計

柱部材および操作台部材の諸定数を集計します。

4-3. 横方向の構造計算

門柱の計算は横方向と縦方向の計算をおこないますが、ここでは横方向の計算を上記の荷重ケースでおこないます。

4-3-1. ラメン解析の基本事項

ラーメン解析の基本となるラーメン寸法、剛比を求めます。

4-3-2. ラメンの計算

ラーメン解析の基本となる荷重項の計算について以下の状態について記載しております。

- ・ 常時
- ・ 常時+風荷重
- ・ 地震時(風荷重なし)

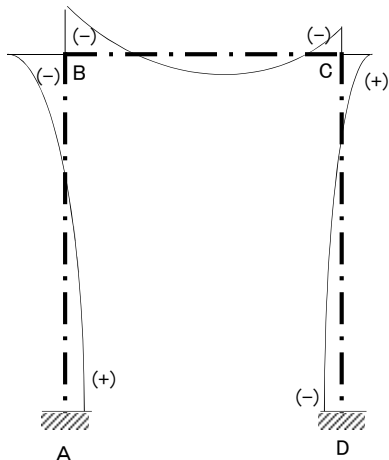
4-3-3. 曲げモーメントの計算

剛比 α 、荷重項およびたわみ角 θ 、部材角 R を求めることにより節点方程式から次のマトリクスを導き曲げモーメントの計算をおこないます。

$$\begin{pmatrix} 2(1+\alpha) & \alpha & -3 \\ \alpha & 2(1+\alpha) & -3 \\ 3 & 3 & -12 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_B \\ \theta_C \\ R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{BC} - C_{BA} \\ C_{CD} - C_{CB} \\ C_{AB} + C_{CD} - C_{BA} - C_{DC} - (R_{ODA} - R_{OCD}) \cdot H_o \end{pmatrix}$$

4-3-4. 温度変化の影響

門柱は空中に設置される構造であることから温度変化の影響について解析します。温度変化は+15℃および-15℃の変化に対して解析します。



材端モーメントの照査

$$M_{BA} = M_{BC}$$

$$M_{CB} = M_{CD}$$

4-4. ラーメンの解析

荷重ケース1～9のラーメン解析をおこない断面力を求めます。なお、ラーメン解析では材端モーメントが同値となることを確認してください。

ここで、断面力図が表示されますがグラフ表示が見やすいようにラーメン軸線と断面力はそれぞれ任意に拡大しております。断面力の大きさはページ内に表示された値を参照してください。また、断面力の大きさによっては全体が表示されない場合がありますが、X軸およびY軸の範囲を調整して全体が表示されるように編集してください。

4-5. 設計断面力の集計

4-5-1. 荷重の組合せと断面力の集計

荷重ケース1～9の断面力を集計します。集計した断面力を常時の値と許容応力度で断面力を除した常時の換算値を比較し最大となるケースを抽出します。本設計では最大となる条件を次のように定めて抽出しています。

4-5-2. 応力度の計算に用いる設計断面力の抽出

- ・ 常時換算値の曲げモーメントが最大
- ・ 常時換算値のせん断力が最大

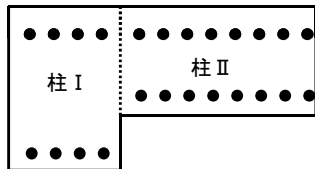
4-5-3. 応力度の検討に用いる設計断面力の決定

常時換算値の最大断面力が抽出されたことにより、応力度の検討に用いる設計断面力を決定します。

4-6. 設計断面力の分配

4-6-1. 柱

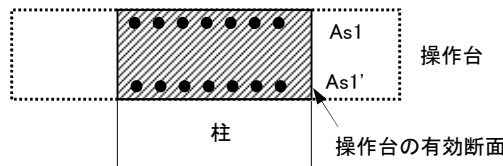
柱部材はゲートの操作上2つの矩形断面から構成され、応力度の計算は柱断面の設計断面力を分配しそれぞれの断面で計算します。なお、柱部材の応力度検討は軸力を考慮した「複鉄筋長方形断面」の梁として計算します。また、設計断面力の分配は以下の条件でおこないます。



- 曲げモーメント : 柱 I、II の剛比で分配
- せん断力 : 柱 I、II の面積比で分配
- 軸力 : 柱 I、II の面積比で分配

4-6-2. 操作台

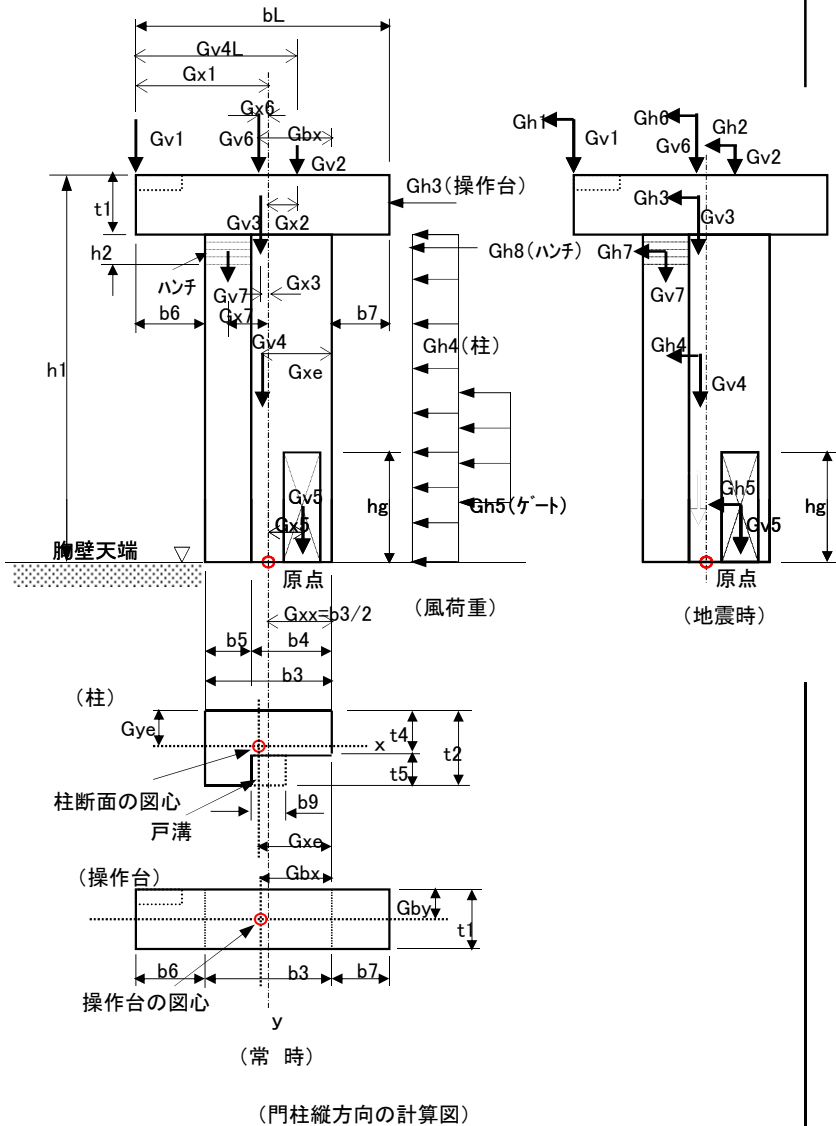
操作台部材は下図の有効断面に対する応力度の検討をおこないます。応力度の検討は「複鉄筋長方形断面」の梁として計算しますが軸力は考慮しません。



4-7. 応力度の計算

抽出された設計断面力に対して応力度の検討をおこない、許容応力度を満足する配筋をおこないます。

- 4-7-1. 柱 I (軸力を考慮する)
- 4-7-2. 柱 II (軸力を考慮する)
- 4-7-3. 操作台 (軸力を考慮しない)
- 4-7-4. 応力度検討のまとめ



4-8. 門柱縦方向の計算

4-8-1. 構造計算の基本事項

門柱縦方向の計算は、横方向の計算と同様に樋門本体(土留壁天端)に固定された「片持ち梁」としておこないます。荷重ケースは次のとおりですが、温度荷重の影響については断面力は同じですが許容応力度の割増分だけ断面力が小さくなることから検討から除外します。なお、風荷重は川表から作用することとします。

4-8-2. 荷重ケース1・・・「常時」

4-8-3. 荷重ケース2・・・「常時+風荷重」

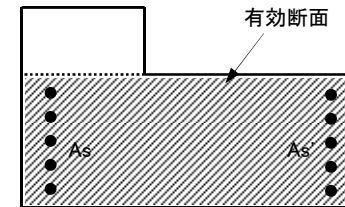
4-8-4. 荷重ケース3・・・「地震時」

4-8-5. 断面力の集計

荷重ケース1～3の断面力を集計し、応力度の検討に用いる設計断面力を決定します。設計断面力は断面力を許容応力度の割増係数で除した常時の換算値が最大となるケースで決定します。

4-9. 門柱縦方向の応力度の検討

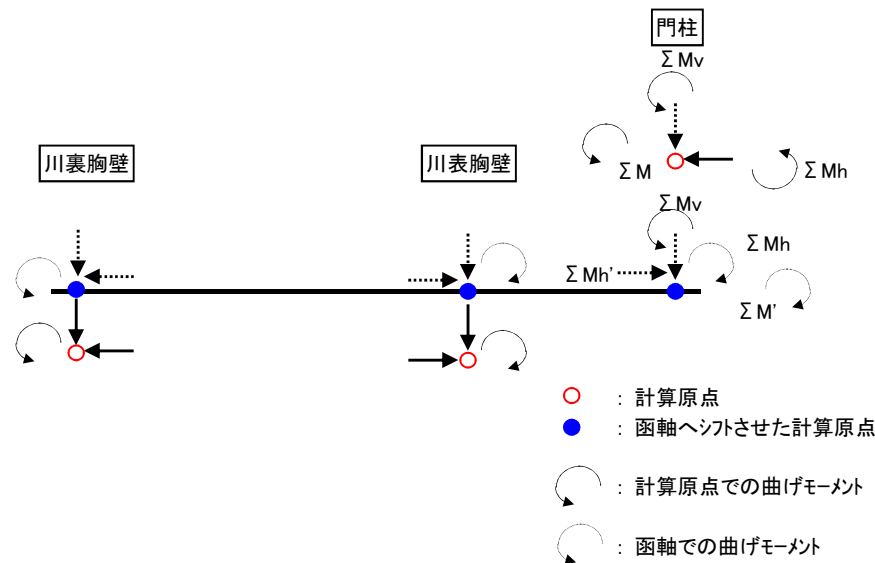
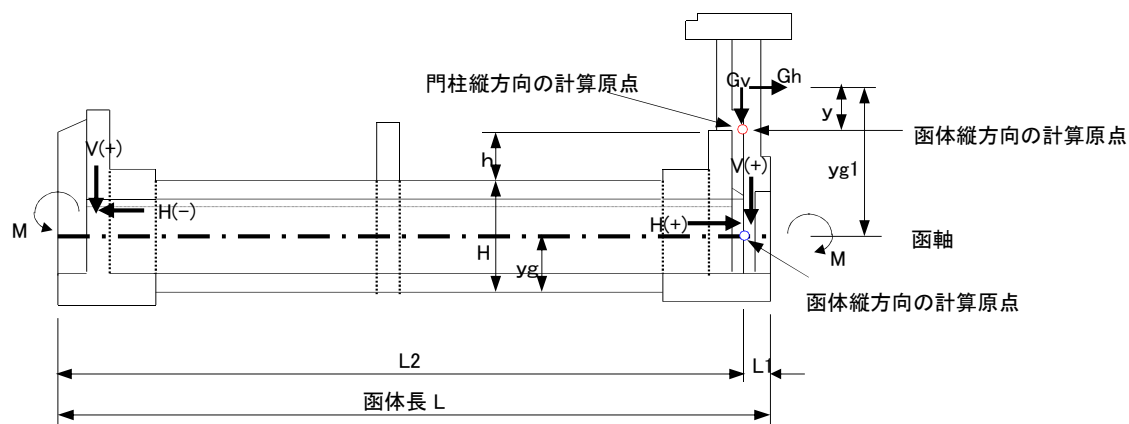
門柱縦方向の応力度の検討は柱部材についておこなうこととし、下図の断面を有効断面として検討する。ただし、断面力は柱の全断面で負担することとします。なお応力度の計算は「複鉄筋長方形断面」の梁とし、軸力を考慮した検討をおこないます。



函体縦方向の計算に用いる断面力の計算

4-10.

函体縦方向の計算に用いる断面力を求めるため、計算原点での断面力を函軸における断面力にシフトさせます。



ここで、函体縦方向の函軸へシフトさせた断面力は次の内容があります。

- ・ 門柱縦方向の断面力の計算では、鉛直荷重の曲げモーメントと水平荷重の曲げモーメントの方向が同じなので「 $\Sigma M = \Sigma Mv + \Sigma Mh$ 」とした。この場合、水平荷重は川表側から川裏側へ作用させる。
- ・ 函体縦方向の水平荷重は「川裏側から川表側」への荷重となるため、水平荷重の曲げモーメントと鉛直荷重の曲げモーメントが異なった方向となるため、曲げモーメントの合計は「 $\Sigma M = \Sigma Mh' - \Sigma Mv$ 」とする。

ここに、

- ΣM : 計算原点での曲げモーメント
- $\Sigma M'$: 函軸へシフトさせた曲げモーメント
- ΣMv : 鉛直荷重の曲げモーメント(計算原点および函軸)
- ΣMh : 水平荷重の曲げモーメント(計算原点)
- $\Sigma Mh'$: 函軸を計算原点とした水平荷重の曲げモーメント

門柱の縦方向の計算では、風荷重および地震時慣性力は川表側から川裏側へ作用させて計算しており、鉛直荷重および水平荷重の作用方向は同じとしました。しかし、函体縦方向の計算では、水平荷重を川裏側から川表側に作用することとしているため曲げモーメント鉛直荷重と水平荷重の曲げモーメントの方向が異なることとなります。

本設計ではこれを考慮して「 $\Sigma M = \Sigma Mh' - \Sigma Mv$ 」としましたが、一方では、曲げモーメントの方向は函軸へシフトさせても同じであり「 $\Sigma M = \Sigma Mh' + \Sigma Mv$ 」と考えるべきであるとの議論もあります。

これらの考え方は整理できていませんが、理論的には曲げモーメントの方向が異なるので鉛直荷重の曲げモーメントを考慮すべきと考えて設計を進めました。

1-2-5. 「川裏胸壁の設計」の説明

「第5章 川裏胸壁の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータ入力をおこなうことにより計算結果を確認することができます。本設計では函体をスパン割りしていないことから胸壁の回転が拘束されると考え「静止土圧」で計算をおこなっております。したがって、函体をスパン割りした場合は「主動土圧」による計算に編集してください。

5-1. 設計の概要

5-1-1. 川裏胸壁の構造

胸壁は函体に固定された「片持ち梁」として構造計算をおこないます。

5-1-2. 設計条件

解析に必要な設計条件が入力されます。本設計では前述した主要な文献から設計条件を入力しております。

5-2. 断面力計算の基本事項

断面力の計算は常時、地震時でおこないますが、土圧については次の方法で計算します。

- ・ たて壁の計算 : 土圧はたて壁の背面に作用させます(土とコンクリート)。
- ・ 底版の計算 : 土圧は仮想壁面に作用させます(土と土)。

5-3. 主動土圧および主動崩壊角の計算

5-3-1. 主動土圧係数の計算

地震時の静止土圧は、常時の主動土圧に対し地震時の主動土圧の増分が静止土圧の増分に等しいと定義して求めます。したがって、主動土圧係数は常時、地震時について求め、地震時の静止土圧の算出基礎とします。

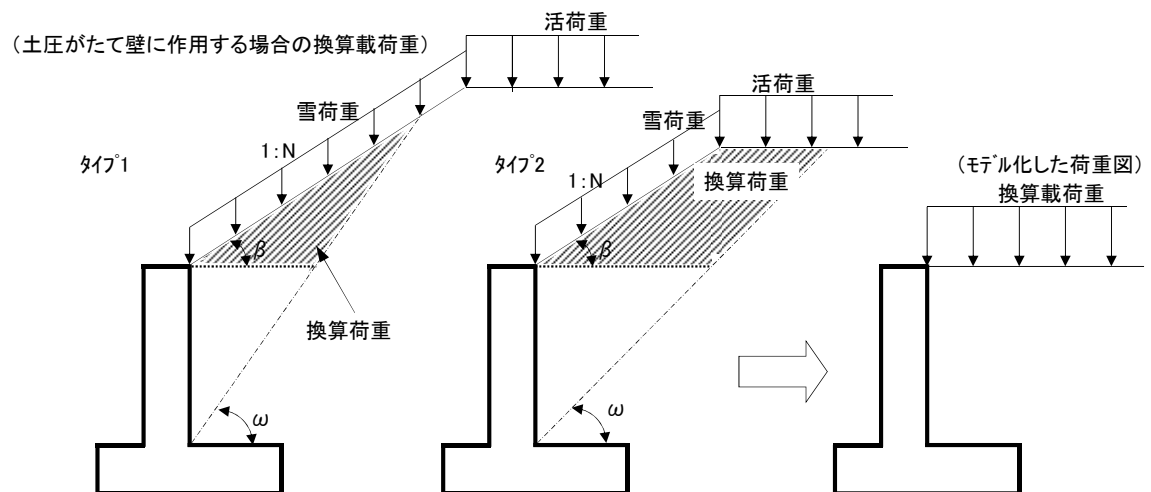
5-3-2. 主動崩壊角の計算

背面盛土の形状により土圧の算出が異なってきます。本設計では次のケースで判定しております。

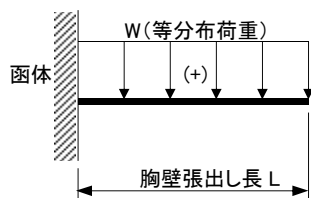
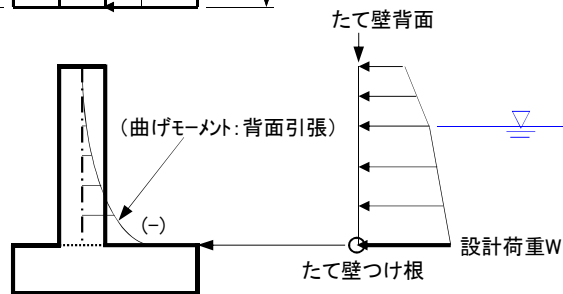
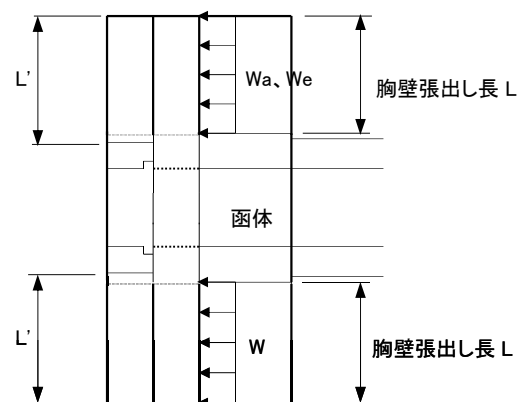
- ・ タイプ1 : 主動崩壊角が盛土法面まで、築堤天端の活荷重が作用しないタイプ。
- ・ タイプ2 : 主動崩壊角が築堤天端まで作用し、築堤天端の活荷重が作用するタイプ。

5-4. 土圧算出タイプの判定と換算載荷重の計算

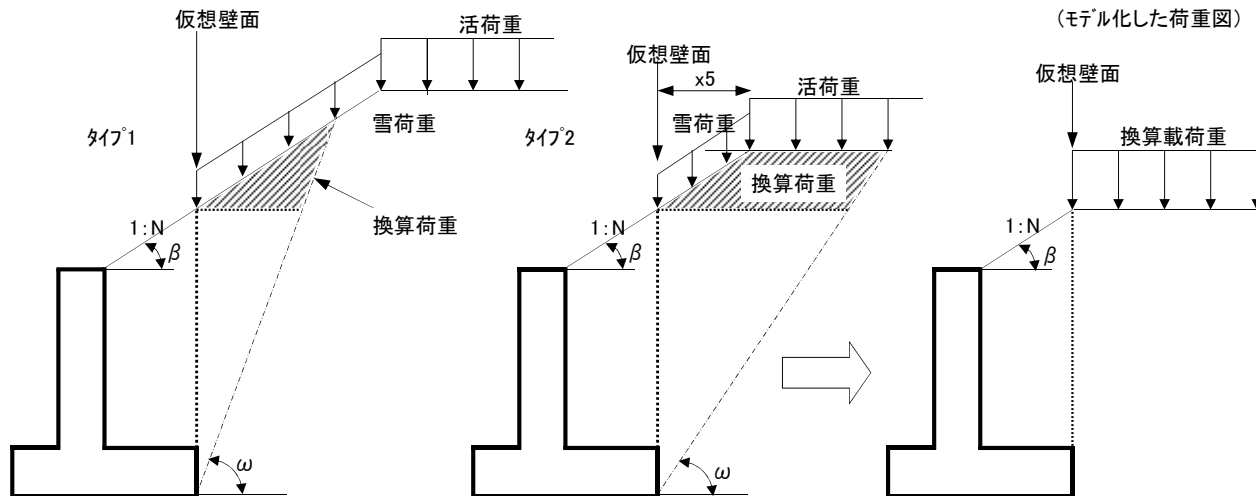
土圧係数の計算は「クーロン式」で求めます。この場合背面盛土の土重は等分布の換算載荷重として計算をおこないます。



(たて壁の荷重と断面力)



(土圧が仮想壁面に作用する場合の換算荷重)



5-4-1. 土圧算出タイプ ω の判定

主動崩壊角 ω から土圧タイプを判定します。本設計では「タイプ1」あるいは「タイプ2」で設計をおこなっておりますが、盛土形状により判定が異なる場合があります。この場合は判定された土圧タイプにより換算荷重を求める必要があります。なお、常時の主動崩壊角は 45° として設計します。

5-4-2. 換算荷重の計算

土圧タイプにより換算荷重を求めます。本設計とタイプ ω が異なる場合は編集が必要です。

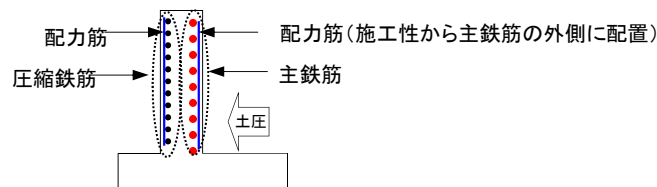
5-5. 荷重および断面力の計算

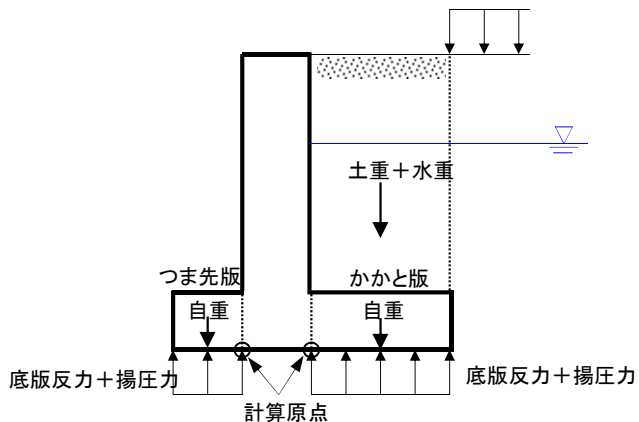
5-5-1. たて壁の荷重の計算

たて壁の荷重は、たて壁背面に換算荷重を含む土圧が静止土圧として作用させます。計算原点はたて壁つけ根としこの荷重で断面力を計算します。荷重の方向は正(+)となりますので、断面力は曲げモーメントが(-)となりたて壁背面に引張応力度が作用します。また、せん断力は(+)となります。

5-5-2. たて壁の断面力の計算

たて壁は函体に固定された「片持ち梁」として断面力を求めます。したがって、主鉄筋は水平方向の鉄筋となります。





5-5-3. 底版の設計に用いる荷重の計算

底版はつま先版とかかと版に区分され、たて壁の前面、背面を計算原点とした「片持ち梁」として断面力を求めます。断面力の計算に用いる設計荷重は最大となるケースを考え次のように定義します。

- ・ つま先版の設計荷重 = 自重(+) + 底板反力(-) + 揚圧力(-) …… 前面水位および前面土砂荷重は考慮しない
- ・ かかと版の設計荷重 = 土重(+)+水重(+)+自重(+)+底板反力(-)+揚圧力(-) …… 自重は雪荷重および換算載荷重を考慮しない

底板反力は、胸壁の底版上に載荷する全荷重を底版面積で除し等分布荷重として上向き(-)に作用させます。また、揚圧力は前面水位と背面水位の条件により分布状態が決まるので、この分布から計算原点における揚圧力を求めて設計荷重を求めます。なお、揚圧力は上向き(-)荷重となります。

水位条件にもよりますが、底版の設計荷重は上向き(-)となった場合の曲げモーメントは正(+)の値となり、底版の下面に引張応力度が作用することから、主鉄筋の配置は下側となります。

5-5-4. 底版の断面力の計算

底版の断面力はたて壁を支点とした「片持ち梁」として計算します。この場合の梁の長さは函体よ張り出した胸壁の長さとしませんが、つま先版とかかと版で張り出し長さが異なることに注意してください。

5-6. 応力度の検討

5-6-1. 断面力の集計

たて壁および底版(つま先版、かかと版)の断面力を集計します。

5-6-2. 応力度の検討

設計断面力に対し配筋をおこない許容応力度に対する検討をおこないます。

応力度の計算 : 「単鉄筋長方形断面」として応力度を検討します。

- ・ σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度
- ・ σ_s : 鉄筋の引張応力度
- ・ τ_m : コンクリートのせん断応力度(端部および2d位置で検討)

5-7. 配筋計画

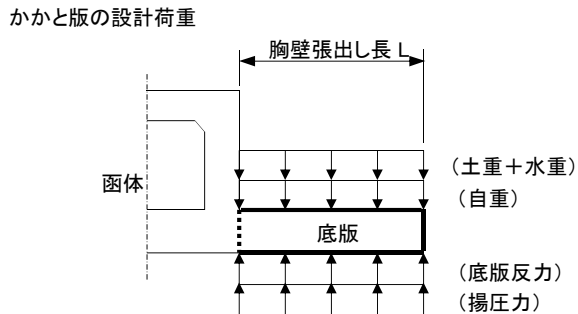
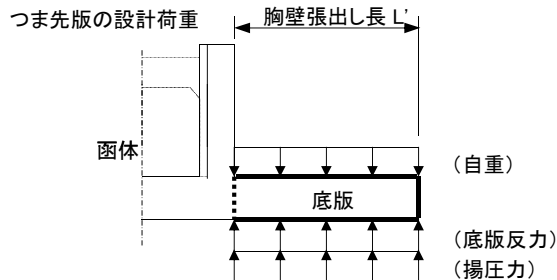
応力度の検討で求められた配筋をおこないます。配筋は施工の単純化を図るため「土木構造物設計マニュアル(樋門編)」に基づきおこないません。

従来の配筋は曲げモーメントの引張側に主鉄筋を配筋していましたが、「設計マニュアル」では定尺鉄筋を使用することが原則となっております。このことから、小規模な断面では擁壁は底版鉄筋が一体となるため、各部材で決定された鉄筋の大きい方の鉄筋を配筋する必要がありますので、応力度もこのことを考慮した検討が必要です。

なお、配力筋は施工性を考慮し主鉄筋の外側に配筋します。

5-8. 函体縦方向の計算に用いる断面力の計算

函体縦方向の計算に用いる断面力を求めるため、計算原点での断面力を函軸における断面力にシフトさせます。



1-2-6. 「川表胸壁の設計」の説明

「第6章 川表胸壁の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータ入力をおこなうことにより計算結果を確認することができます。本設計では函体をスパン割りしていないことから胸壁の回転が拘束されると考え「静止土圧」で計算をおこなっております。したがって、函体をスパン割りした場合は「主動土圧」による計算に編集してください。なお、設計の考え方は「第5章 川裏胸壁の設計」と同様なので、全文の説明は省略し注意点のみ記載することとします。

- 6-1. 設計の概要
 - 6-1-1. 川表胸壁の構造
 - 6-1-2. 設計条件
- 6-2. 断面力計算の基本事項
- 6-3. 主動土圧および主動崩壊角の計算
 - 6-3-1. 主動土圧係数の計算
 - 6-3-2. 主動崩壊角の計算
- 6-4. 土圧算出タイプの判定と換算載荷重の計算
 - 6-4-1. 土圧算出タイプの判定
 - 6-4-2. 換算載荷重の計算
- 6-5. 荷重および断面力の計算
 - 6-5-1. たて壁の荷重の計算
 - 6-5-2. たて壁の断面力の計算
 - 6-5-3. 底版の設計に用いる荷重の計算

「第5章 川裏胸壁の設計」と同様につき省略

底版はつま先版とかかと版に区分され、たて壁の前面、背面を計算原点とした「片持ち梁」として断面力を求めます。断面力の計算に用いる設計荷重は最大となるケースを考え次のように定義します。

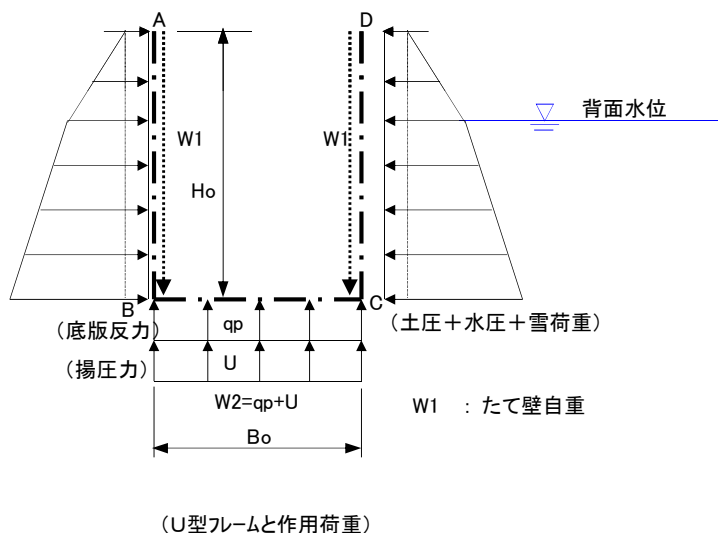
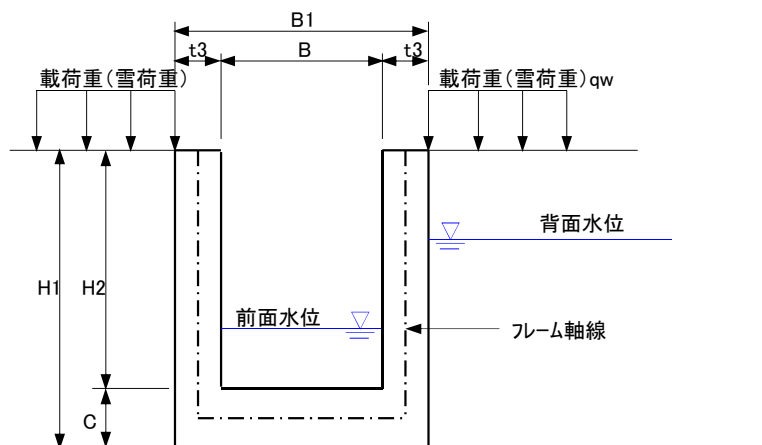
- ・つま先版の設計荷重 = 自重(+) + 門柱荷重(+) + 底版反力(-) + 揚圧力(-) …… 前面水位および前面土砂荷重は考慮しない
- ・かかと版の設計荷重 = 土重(+) + 水重(+) + 自重(+) + 底版反力(-) + 揚圧力(-) …… 自重は雪荷重および換算載荷重を考慮しない

底版反力は、胸壁の底版上に載荷する全荷重を底版面積で除し等分布荷重として上向き(-)に作用させます。また、揚圧力は前面水位と背面水位の条件により分布状態が決まるので、この分布から計算原点における揚圧力を求めて設計荷重を求めます。なお、揚圧力は上向き(-)荷重となります。

水位条件にもよりますが、底版の設計荷重は上向き(-)となった場合の曲げモーメントは正(+)の値となり、底版の下面に引張応力度が作用することから、主鉄筋の配置は下側となります。

- 6-5-4. 底版の断面力の計算
- 6-6. 応力度の検討
 - 6-6-1. 断面力の集計
 - 6-6-2. 応力度の検討
- 6-7. 配筋計画
- 6-8. 函体縦方向の計算に用いる断面力の計算

「第5章 川裏胸壁の設計」と同様につき省略



1-2-7. 「川裏翼壁U型水路の設計」の説明

「第7章 川裏翼壁U型水路の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータ入力をおこなうことにより計算結果を確認することができます。本設計では対称荷重が作用するU型フレームとして計算をおこないますが、土圧は「静止土圧」がたて壁に作用するものとして定義します。また、浮き上がりの安全率が満足できない場合の対策についても項目を設けてあります。

7-1. 川裏翼壁の設計

7-1-1. 川裏翼壁の構造

川裏翼壁U型水路は両側から対称荷重が作用する構造と定義し、構造計算はU型フレームにモデル化した断面でおこなうこととします。

7-1-2. 設計条件

解析に必要な設計条件が入力されます。本設計では前述した主要な文献から設計条件を入力しております。

7-2. 荷重および断面力の計算

設計荷重はU型フレームの軸線に作用するものし、解析は次のように定義します。

・ たて壁

設計荷重 : たて壁に作用する上載荷重(本設計では雪荷重)を含む「静止土圧」が作用する。

断面力 : 底版のフレーム軸線を支点とした「片持ち梁」として解析。

・ 底版

設計荷重 : 底版のフレーム軸線にたて壁自重による反力と背面水位による揚圧力が上向き(-)に作用する。

断面力 : たて壁のフレーム軸線を支点とした「単純梁」として解析。

7-2-1. 常時の計算

常時の荷重を求め断面力を計算します。

7-2-2. 地震時の計算

地震時の荷重を求め断面力を計算します。ここで、地震時の静止土圧は常時の主動土圧に対し地震時の主動土圧の増分が静止土圧の増分に等しいと定義して求めます。したがって、主動土圧係数は常時、地震時について求め、地震時の静止土圧の算出基礎とします。

7-2-3. 断面力の集計と設計断面力の決定

常時および地震時の断面力を集計し設計断面力を決定します。設計断面力は、地震時の断面力を許容応力度の割増係数で除した常時の換算値と常時の断面力を比較し、大きい方の断面力で決定します。

なお、断面力図が表示されますがグラフ表示が見やすいようにフレーム軸線と断面力はそれぞれ任意に拡大しております。断面力の大きさはページ内に表示された値を参照してください。また、断面力の大きさによっては全体が表示されない場合がありますが、X軸およびY軸の範囲を調整して全体が表示されるように編集してください。

7-3. 応力度の検討

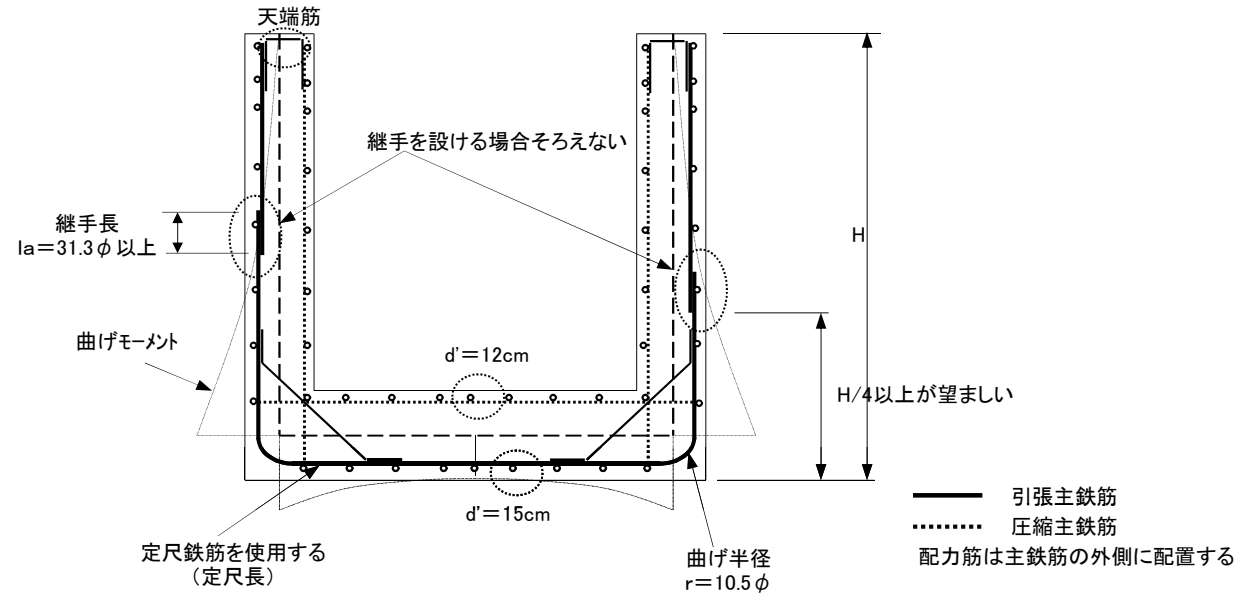
設計断面力に対し配筋をおこない許容応力度に対する検討をおこないます。

応力度の計算 : 「単鉄筋長方形断面」として応力度を検討します。

- ・ σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度
- ・ σ_s : 鉄筋の引張応力度
- ・ τ_m : コンクリートのせん断応力度(端部および2d位置で検討)

7-4. 配筋計画

応力度の検討で求められた配筋をおこないます。配筋は施工の単純化を図るため「土木構造物設計マニュアル(樋門編)」の基づきおこないます。小規模な断面では底版鉄筋とたて壁鉄筋が一体となることから、配筋にはこのことに留意して下さい。



※ たて壁鉄筋には継手を設けないことが望ましい。また、鉄筋は定尺長のものを使用し、長さについては天端筋で調整する。

7-5. 安定計算

7-5-1. 浮き上がりの検討

安定計算は浮き上がりに対しておこないます。浮き上がりの安全率($F_{sa} = 4/3$)を満足しない場合は「底版を拡幅する」等の対策が必要です。

7-5-2. 底版を拡幅して浮き上がり抵抗を増加する検討

本設計では浮き上がりの安全率を満足していますが、満足しない場合はこの項の設計が必要です。

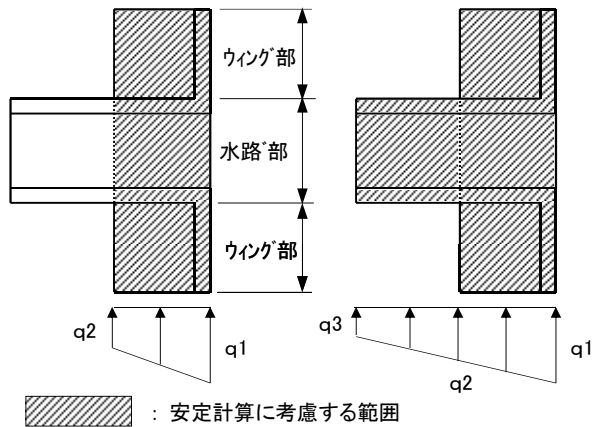
1-2-8. 「川表翼壁U型水路の設計」の説明

「第8章 川表翼壁U型水路の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータ入力をおこなうことにより計算結果を確認することができます。設計内容については「第7章 川裏翼壁U型水路の設計」と同様なので説明は省略します。ただし、本設計では浮き上がりの安全率を満足できなかったことから底版を拡幅して安全率を確保する設計をおこなっております。

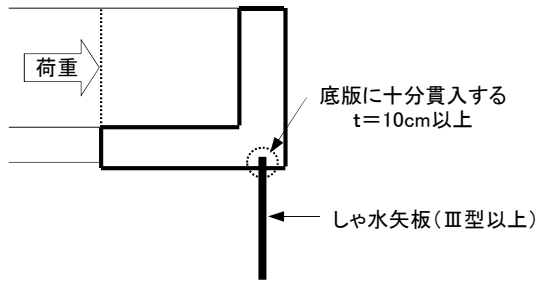
- 8-1. 川表翼壁の設計
 - 8-1-1. 川表翼壁の構造
 - 8-1-2. 設計条件
- 8-2. 荷重および断面力の計算
 - 8-2-1. 常時の計算
 - 8-2-2. 地震時の計算
 - 8-2-3. 断面力の集計と設計断面力の決定
- 8-3. 応力度の検討
- 8-4. 配筋計画
- 8-5. 安定計算
 - 8-5-1. 浮き上がりの検討
 - 8-5-2. 底版を拡幅して浮き上がり抵抗を増加する検討

「第7章 川裏翼壁U型水路の設計」と同様につき省略

(L型擁壁とU型水路を一体とみなして安定計算をおこなう方法)



(滑動に対する抵抗としてしゃ水矢板(Ⅲ型以上)を考慮した方法)



1-2-9. 「川表翼壁L型擁壁の設計」の説明

「第9章 川表翼壁L型擁壁の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータ入力をおこなうことにより計算結果を確認することができます。本設計では「浮力なし」および「浮力あり」の条件で常時、地震時について安定計算および部材設計をおこなっております。とくに注意すべきは安定計算において「滑動の条件」で安全率を確保できなかった場合、この条件を満足する対策を講じる必要があります。また、L型擁壁は一般に高水敷に設置されるため背後地盤は水平とし、活荷重では活荷重は考慮しないこととしています。

9-1. L型擁壁の設計

9-1-1. L型擁壁の構造

L型擁壁はU型水路と一体となった構造ですが、翼壁長が短いため荷重による回転がフリーとなることを考慮し、L型擁壁が単独で安定することを目的として設計をおこないます。したがって、擁壁に作用する土圧は「主動土圧」として設計をおこないます。

9-1-2. 設計条件

解析に必要な設計条件が入力されます。本設計では前述した主要な文献から設計条件を入力しております。

9-2. 安定計算に必要な作用力の計算

安定計算に必要な作用力を求めます。計算は常時、地震時でおこないますが土圧等の外力は「仮想壁面」に作用させて計算をおこないます。

9-2-1. 常時の作用力の計算

常時の計算は水位状態により「浮力あり」、「浮力なし」で計算をおこないます。

9-2-2. 地震時の作用力の計算

地震時の計算は水位状態により「浮力あり」、「浮力なし」で計算をおこないます。

9-3. 安定計算

9-3-1. 作用力のまとめ

「9-2. 安定計算に必要な作用力の計算」で求めた作用力を集計します。また、安定計算は次の条件で検討をおこないます。

項目		常時		地震時		地盤支持力 q_a (KN/m ²)	
		浮力なし	浮力あり	浮力なし	浮力あり	常時	地震時
転倒	e/B	1/6	1/3	1/3	1/3		
滑動	F_s	1.5	1.2	1.2	1.2		
地盤支持力		3	3	2	2	300	450

ここに、

B : 底版幅(m)

e : 荷重の偏心量(m) $e=M/V$

M : 基礎底面に作用するモーメント(KN・m)

V : 基礎底面に作用する鉛直荷重(KN)

なお、地盤支持力は土質状態により決定することから、ここでは参考値として考えてください。

また、安定計算では土圧は仮想壁面に作用させ、単位長(奥行き1.0m)当たりで検討します。

9-3-2. 常時の安定計算

常時の荷重(土圧等)を仮想壁面に作用させ、この荷重に抵抗する自重(躯体、土重等)を求めて安定計算をおこないます。なお、自重には載荷重は考慮しないこととします。また、前面水位および土砂の影響は考慮しません。

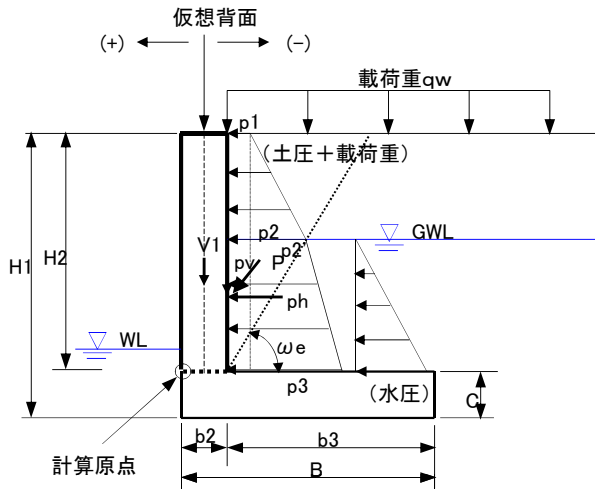
9-3-3. 地震時の安定計算

常時と同様に地震時の安定計算をおこないます。

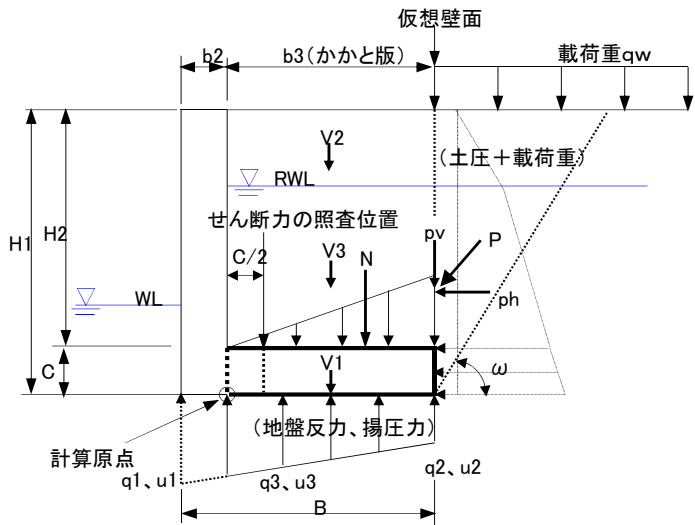
9-3-4. 安定計算のまとめ

安定計算の結果をまとめ条件との照査をおこないます。

(たて壁の設計モデル:浮力ありの場合)



(かかと版の設計モデル:浮力ありの場合)



9-3-5. 滑動の安全率の確保に関する検討

本設計では「滑動の条件」を満足することができない場合を想定しておこなっており、以下の対策についても設計しております。

- ・ L型擁壁とU型水路を一体とみなして安定計算をおこなう。
この方法は、U型水路がL型擁壁と一体となっている構造からU型水路の重量を滑動の抵抗力として安定計算をおこなうものです。
- ・ 滑動に対する抵抗としてしゃ水矢板(Ⅲ型以上)を考慮した検討
上記の方法でも条件を満足できない場合、しゃ水工として設置される鋼矢板を滑動の抵抗力として考慮する方法です。使用する鋼矢板はⅢ型以上とし、矢板頭部は底版に十分貫入させ鉄筋で固定する設計が必要です。

9-4. 部材の設計

9-4-1. たて壁の設計

たて壁の設計は、底版を支点とした「片持ち梁」として設計します。計算は常時、地震時で奥行き1.0m当たりでおこないます。主動土圧はたて壁背面に作用させ設計荷重はたて壁つけ根とします。

9-4-2. 常時の計算

たて壁の前面つけ根を計算原点とし常時の荷重と断面力を求めます。水位条件により浮力なし、浮力ありについて計算をおこないます。ただし、主動土圧はたて壁中央に仮想背面を設けて作用させます。

9-4-3. 地震時の計算

常時と同様に地震時の荷重から断面力を求めます。

9-4-4. たて壁の応力度の検討

たて壁の設計断面力に対し配筋をおこない許容応力度に対する検討をおこないます。

応力度の計算 : 「単鉄筋長方形断面」として応力度を検討します。

- ・ σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度
- ・ σ_s : 鉄筋の引張応力度
- ・ τ_m : コンクリートのせん断応力度

9-4-5. かかと版の設計

かかと版の計算原点は「かかと版底面先端部」とし、断面設計はかかと版の奥行き1.0m当たりでおこないます。主動土圧は仮想壁面に作用させますが、土圧の鉛直成分は底版上に三角分布で載荷するものとします。断面力の計算は、たて壁を支点とした「片持ち梁」として計算します。

9-4-6. 常時の計算

浮力なし、浮力ありの状態では設計荷重を求め、計算原点における断面力を求めます。

9-4-7. 地震時の計算

浮力なし、浮力ありの状態では設計荷重を求め、計算原点における断面力を求めます。

9-4-8. かかと版の応力度の検討

設計断面力に対し配筋をおこない許容応力度に対する検討をおこないます。

応力度の計算 : 「単鉄筋長方形断面」として応力度を検討します。

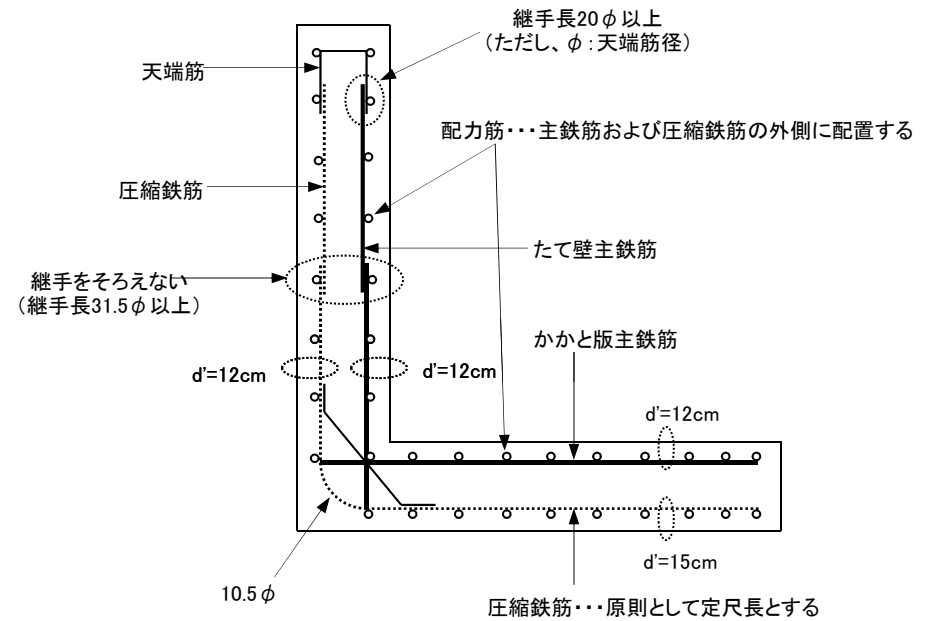
- ・ σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度
- ・ σ_s : 鉄筋の引張応力度
- ・ τ_m : コンクリートのせん断応力度(基部およびたて壁背面から底版厚の1/2離れた位置で検討)

9-5. 配筋計画

応力度の検討で求められた配筋をおこないます。配筋は施工の単純化を図るため「土木構造物設計マニュアル(樋門編)」に基づきおこないます。

従来の配筋は曲げモーメントの引張側に主鉄筋を配筋していましたが、「設計マニュアル」では定尺鉄筋を使用することが原則となっております。このことから、小規模な断面では擁壁は底版鉄筋が一体となるため、各部材で決定された鉄筋の大きい方の鉄筋を配筋する必要がありますので、応力度もこのことを考慮した検討が必要です。

なお、配力筋は施工性を考慮し主鉄筋の外側に配筋します。



※ たて壁鉄筋は継手を設けないことが望ましい。長さは天端筋で調整する。

9-6. 函体縦方向の計算に用いる断面力の計算

函体縦方向の計算に用いる断面力を求めるため、計算原点での断面力を函軸における断面力にシフトさせます。

1-2-10. 「函体縦方向の設計」の説明

「第10章 函体縦方向の設計」は以下の内容で構成されていますが、それぞれの項目で入力および計算が必要です。土質柱状図は計算用に作成したものであり、設計にあたってはこの柱状図を変更してください。本設計では、残留沈下量が5cm以下となり一般的には側方変位量の計算は不要となります。また同様に縦方向の計算は函体スパンのみとなりますが、本設計では川裏翼壁スパンおよび川表翼壁スパンを含めた樋門全体で計算をおこなっております。

10-1. 地盤定数の整理

10-1-1. 地質データの整理

沈下量の算出基礎となる床付け面より下の地質データを整理し、土質ごとに変形係数 E_s を求めます。本設計ではN値から推定するため「 $E_s = 700 \cdot N$ 」で計算しました。

10-1-2. 沈下量の検討箇所

沈下量を検討する箇所は築堤形状および構造形状の変化点とし、これを着目点としています。

10-1-3. 荷重ブロックの計算

沈下量の計算に必要な盛土および埋戻し荷重を計算します。荷重は長方形のブロックに区分し築堤中央からの位置を決定します。

10-1-4. 換算変形係数の計算

検討する基礎地盤が複数の層から構成されている場合、換算変形係数を求めて沈下量を計算します。

10-2. 基礎地盤変位の検討

荷重による基礎地盤の変位は残留沈下量と側方変位量であり、換算変形係数を用いて検討をおこないます。なお、残留沈下量は即時沈下量と圧密沈下量の合計ですが、本設計では砂質土地盤であることから圧密沈下量の計算はおこなっていません。

10-2-1. 即時沈下量の計算

荷重が載荷されたときの即時沈下量を求めます。沈下量は荷重ブロックおよび着目点ごとに計算しこの合計を即時沈下量としています。

10-2-2. 側方変位量の計算

本設計では残留沈下量(即時沈下量)の最大値が5cm未満となり、樋門構造は「剛構造」となります。したがって、側方変位量の検討は不要となりますが、柔構造となった場合を想定し計算をおこなっております。

10-3. 函体縦方向の計算

函体縦方向の計算は「弾性床上の梁」として計算しますが、計算に必要な項目は次のとおりです。

- ・ 函軸上の分布荷重(函体自重、水重、活荷重、雪荷重)
- ・ 函軸上の集中荷重(胸壁、門柱)
- ・ 地盤反力係数
- ・ 矢板バネ定数

10-3-1. 断面二次モーメントの計算

函体の断面二次モーメントを求め地盤反力係数の算出基礎とします。

10-3-2. 地盤反力係数の計算

「弾性床上の梁」の計算に必要な地盤反力係数を求めます。なお、変形係数 E_o は換算変形係数 E_{om} を求めて計算をおこないますが、本設計ではN値より推定することから「 $E_o = 2800 \cdot N$ 」として計算しています。

10-3-3. 荷重の計算

函軸に作用する荷重を計算します。

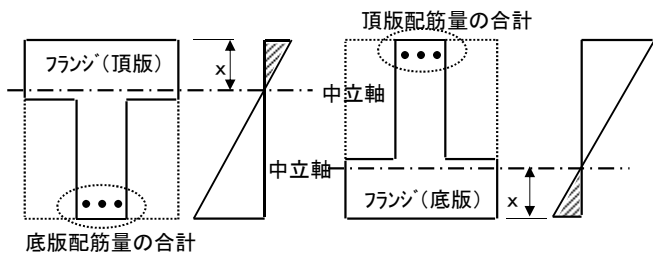
10-3-4. 函体縦方向の計算データ

函体縦方向の計算に必要なデータを集計します。

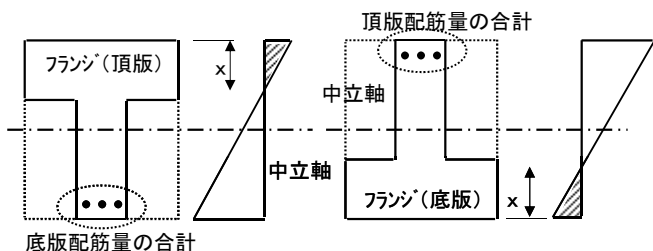
10-3-5. 函体縦方向の計算結果

弾性床上の梁」の計算結果を記載しています。計算は「柔構造樋門の縦方向の計算プログラム FLESL」でおこなった結果です。

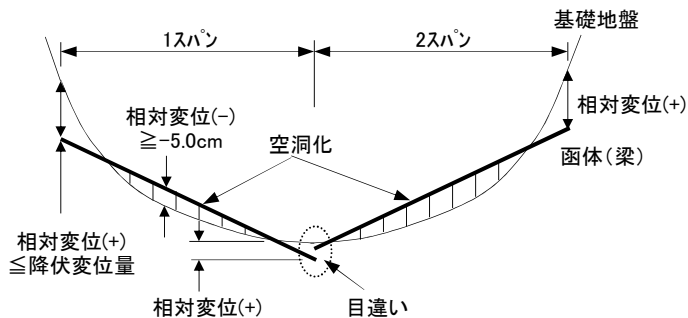
(中立軸がフランジ内にある場合→矩形断面の梁)



(中立軸がフランジの外にある場合→T形断面の梁)



(相対変位量の許容値の考え方)



10-4. 応力度の検討

10-4-1. 計算条件

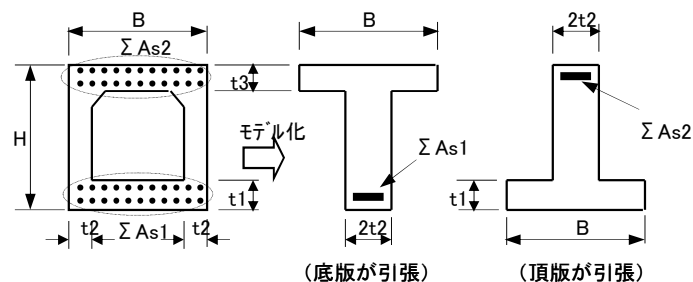
函体縦方向の応力度の検討は、函体を「T型断面」としたモデルで解析しますが、以下の条件で計算手法が異なります。

- ・ 中立軸がフランジ内にある場合 : 「単鉄筋長方形断面の梁」として応力度を検討します。
- ・ 中立軸がフランジの外(ウェブ)にある場合 : 「単鉄筋T型断面の梁」として応力度を検討します。

10-4-2. 応力度の検討

応力度の検討は、曲げモーメントの方向により次のようになります。

- ・ 正(+)の曲げモーメント : 底版に引張応力度が作用するので、底版鉄筋の合計で検討します。
- ・ 負(-)の曲げモーメント : 頂版に引張応力度が作用するので、頂版鉄筋の合計で検討します。



10-5. 相対変位量の検討

残留沈下量と「弾性床上の梁」の計算で求めた函体の沈下量から、両者の相対的な変位を比較して相対変位量の検討をおこないます。

10-5-1. 許容値の整理

相対変位量は正(+)と負(-)の値で検討します。

- ・ 正の相対変位量 : 基礎地盤の降伏変位量を超えないものとし、基礎幅の1%以下かつ5cm以下とします。
- ・ 負の相対変位量 : -5cm以上を許容値とします。

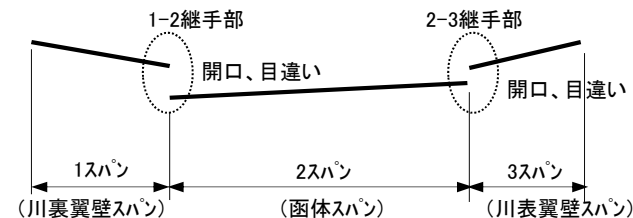
10-5-2. 相対変位量の検討

相対変位量を常時、地震時で集計し許容値内にあることの検討をおこないます。

10-5-3. 地盤および函体変位の評価

函体縦方向の計算結果を、次の内容で総合的に評価します。

- ・ 残留沈下量の評価
- ・ 相対変位量の評価
- ・ スパン接続部の評価(開口、目違い)



第1章

設計説明書

設計基準・使用文献および資料・略図

設 計 内 容