

Excelで解く樋門設計(2連構造編)

第1章 設計の基本

[「スタートメニュー」に戻る](#)

第1章 設計の基本

設計基準・使用文献および資料・略図

設 計 内 容

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 : 設計の概要
- 第2章 : 設計計画
- 第3章 : 函渠工の設計
- 第4章 : 門柱の設計

設計は2.50×2.50BOX-2連断面で設計おこなっておりますが、多様な断面に適用できるように入力するページと主な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ます。

- ・ 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 : 横方向の計算は、函体に固定された「門形ラーメン」とし、「たわみ角法」によるラーメン解析をおこなっています。また、縦方向の計算は、函体に固定された「片持ち梁」として計算をおこなっています。

また、胸壁および翼壁の構造計算は「Excelで解く樋門設計」を参照して下さい。この場合、翼壁の水路幅が2連構造では大きくなることから、水路底版の断面力が大きい場合は、たて壁を「逆T型擁壁」にするなどの対策が必要となります。

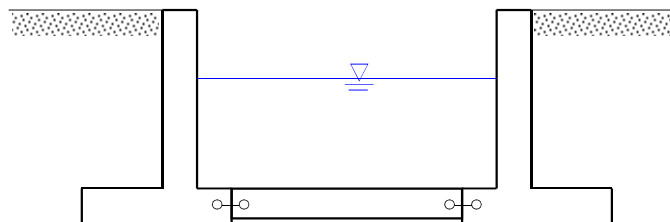


図1.1.1 翼壁水路のたて壁を「逆T擁壁」とした構造例

第1章 設計の基本

設計基準・使用文献および資料・略図

設 計 内 容

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 1.1.2 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
構造力学公式集	(社)土木学会	
水理公式集	(社)土木学会	
柔構造樋門設計の手引き	(財)日本国土開発研究センター	
道路橋示方書Ⅳ(下部構造編)	(社)日本道路協会	
道路橋示方書Ⅴ(耐震設計編)	〃	
道路土工(擁壁工指針)	(社)日本道路協会	
道路土工(カルバート工指針)	〃	
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)	〃	

第1章 設計の基本

設計基準・使用文献および資料・略図

設 計 内 容

【メモ】

・ グラフ作成

設計書に図を入れることによりプレゼンテーションは数段向上します。また、荷重図や断面力図を作成することにより計算の照査にもなり、本ファイルでは図を可能な限り挿入しております。

本ファイルでは図の作成をExcelのグラフ機能を使用して作成していますが、計算値の表示で正(+)負(-)の表示が逆になっている部材があります。グラフ作成の一般機能で作成しているためこの表示を変更することはできません。

表示されている計算データの(+)(-)を変更すると、その数値は「文字列」となり再計算等の場合ではデータを表示できなくなります。

このような場合、設計過程では表示の変更はおこなわず、計算が完了した時点で正しい符号に変更することをおすすめします。

なお、断面力図等は複数のグラフを「グループ化」しておりますので、断面力が変更になると節点が離れてしまうなどの現象がおきますので、「グループ解除」をおこなって再度節点を結合してください。

1-2. 設計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(青太文字)。

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ありますが、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、最初は大きな値で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。

- ・ 作業の高速化

使用されるPCの能力にもよりますが、本設計の場合1シートのページ数が多く作業能力が低下します。作業の高速化を図る場合は、区切りの良いところで新規に挿入したシートにファイルを分割すると作業能力は一段と速くなります。この場合、分割するファイルは「切り取り」→「貼り付け」のコマンドを使用しておこなってください(「コピー」→「貼り付け」では以前のデータがリンクされません)。特に、「第4章 門柱の設計」でファイルの分割をおすすめします。

- ・ ファイルの管理

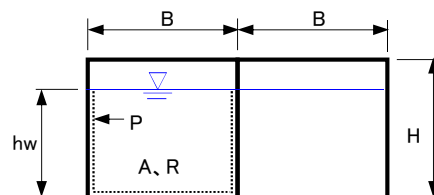
このファイルは、使用約款に基づき購入者はパソコン1台でのみ使用してください。違法なコピー等は著作権者とのトラブルを招きますので使用に関しては「使用承諾書」をお読みになり、許諾したうえで十分な管理をお願いします。

1-3. 第2章「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. 流下断面の計算

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算計算して断面を決定します。本設計では、 2.50×2.50 -2連BOX断面の流下能力の計算は、片側1断面の流下能力が計画排水量の $1/2$ を流下できる計算で断面を決定しています。

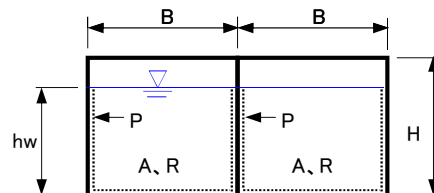


流下量の計算

A	: 流下断面積	$A = B \cdot hw$
P	: 潤辺	$P = 2 \cdot P + B$
R	: 径深	$R = A/P$

【参考資料】

ここでの計算は、計画排水量を全断面(2連)で流下する計算をおこなっています。結果については片側1断面で流下する水深と一致しますが、検査等でのバック資料として整理しておく便利です。



流下量の計算

A	: 流下断面積	$A = 2 \cdot B \cdot hw$
P	: 潤辺	$P = 4 \cdot P + 2 \cdot B$
R	: 径深	$R = A/P$

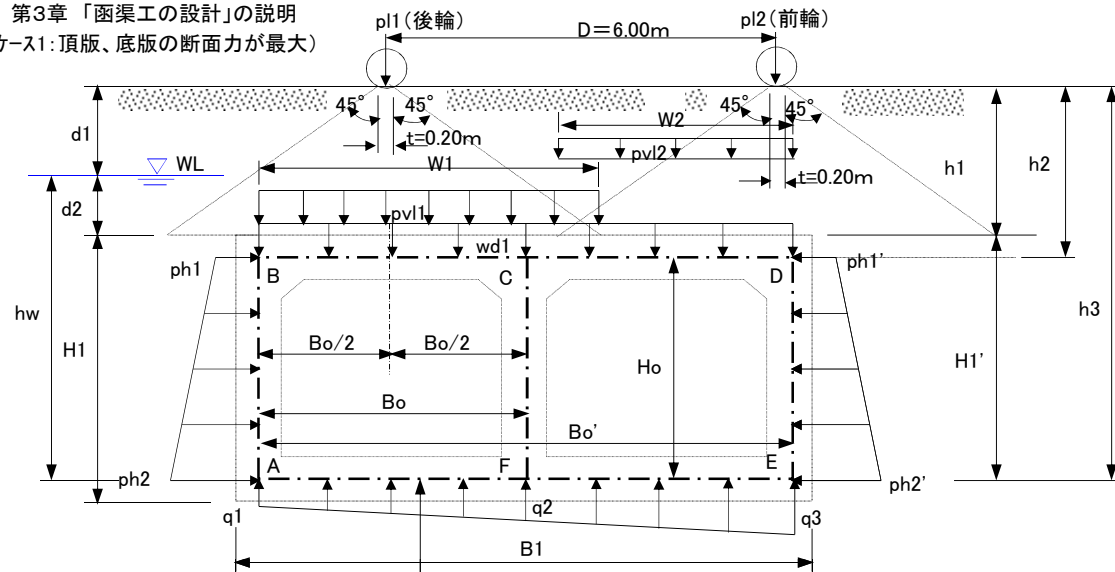
第1章 設計の基本

設計基準・使用文献および資料・略図

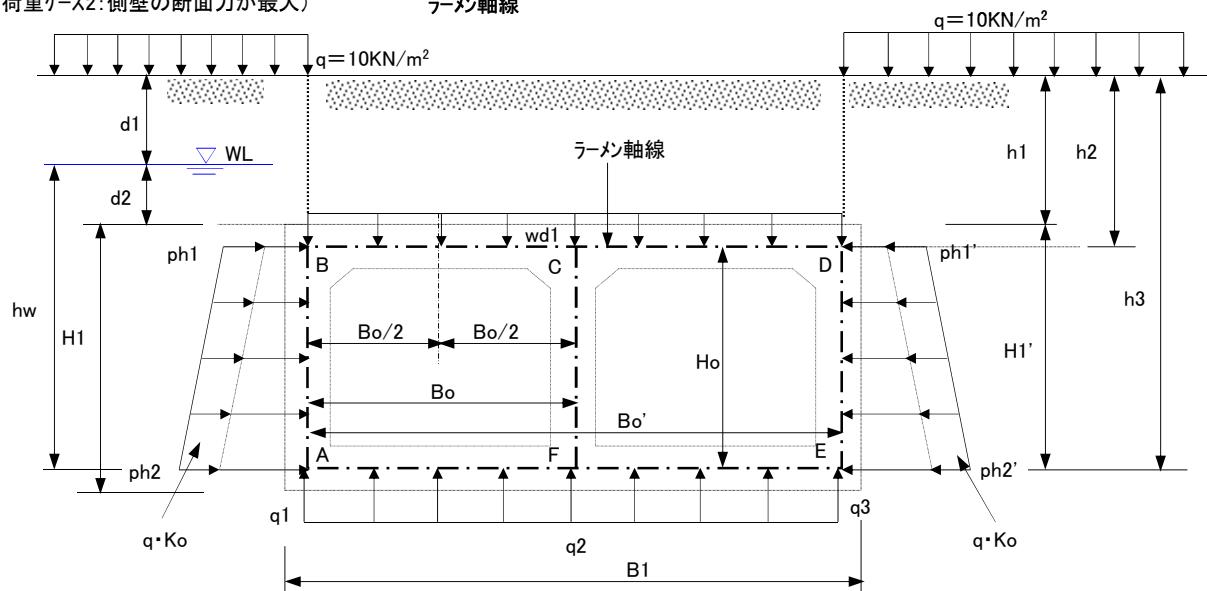
「第3章 函渠工の設計」は以下の内容で構成されていますが、はじめにデータを入力し計算結果を確認することができます。本設計では函体の断面力の計算については「荷重ケース1: 頂版、底版の断面力が最大となるケース」、「荷重ケース2: 側壁の断面力が最大となるケース」で起こっております。なお、設計水位については地下水位と川裏胸壁または川表胸壁の残留水位の比較から高い方の残留水位として設計しています。

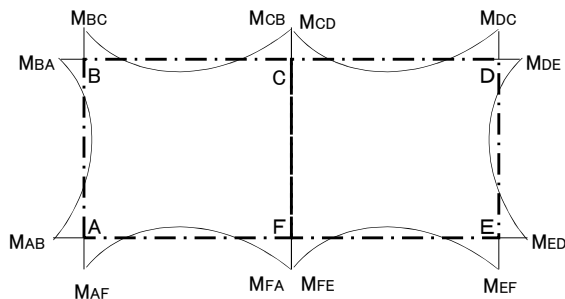
設計内容

1-4. 第3章「函渠工の設計」の説明
(荷重ケース1: 頂版、底版の断面力が最大)



(荷重ケース2: 側壁の断面力が最大)





節点方程式

$$\begin{aligned} \sum M_A &= M_{AB} + M_{AF} = 0 \\ \sum M_B &= M_{BA} + M_{BC} = 0 \\ \sum M_D &= M_{DE} + M_{DC} = 0 \\ \sum M_E &= M_{ED} + M_{EF} = 0 \\ \sum M_C &= M_{CB} + M_{CD} + M_{CF} = 0 \\ \sum M_F &= M_{FA} + M_{FE} + M_{FC} = 0 \end{aligned}$$

【メモ】

- ・「たわみ角法」による解析と市販プログラムの解析の違い

本設計では、ラーメン解析を「たわみ角法」でおこなっております。この解析結果と市販されている「A社」のフレーム計算プログラムの解析結果では次の事項で異なる結果が求められております。

- ・ 節点A、Eでは大きな違いはみられない。
- ・ 節点B、Dでは「たわみ角法」の値が小さい。
- ・ 節点C、Fでは「たわみ角法」の値が大きい。

このことは、「A社」では部材の伸びを考慮した独自の算式で解析するなどの方法を導入しているため、内容についてはブラックボックスとなっております。しかし、「B社」、「C社」との比較では大きな違いはみられませんでした。

「A社」との違いは応力度や配筋計画に影響を与えるものではありませんが、函体工では一般的には節点C、Fの断面力で応力度および配筋計画が決定されるため、「たわみ角法」の解析結果が構造物にとって「厳しい結果」で設計していることとなります。

本設計では、部材の伸びについては門柱の設計で「温度荷重」を考慮しています。温度荷重を考慮した解析では各社のプログラムと「たわみ角法」の解析結果では大きな違いはみられません。

もし、特殊な構造等で厳密な照査をおこないたい場合は、本設計ではフレームに作用する荷重が求められておりますから、この荷重を作用させた数社のフレーム解析をおこない、総合的に判断されることをお勧めします。

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。

3-1-4. 函体部材の断面二次モーメントとラーメンの寸法

各部材の図心を求め、ラーメン寸法を決定します。

3-2. ラーメンの計算

3-2-1. 荷重ケース1の計算 …… 頂版および底版の断面力が最大となるケース

「荷重ケース1」は、頂版に自動車荷重が作用した場合の計算です。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、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。また、頂版の荷重項は土被り高により変化しますので、掲載した荷重項の計算式を組み合わせ求めて下さい。

ラーメン構造では節点の曲げモーメントが釣り合うという条件から、節点方程式および層方程式は次のようになります。

節点方程式 : $\sum M_i = 0$

層方程式 : $\sum H = 0$

これより、各節点のたわみ角 θ 、部材の回転角 R を未知数としたマトリックスは次のようになります。なお、回転角 R は水平部材に生じるものとします。このマトリックスを8元1次方程式に導き未知数 θ 、 R を求めます(本設計では「掃出し法」により計算)。

$$\begin{pmatrix} 2(1+\beta) & 1 & 0 & 0 & 0 & \beta & -3\beta & 0 \\ 1 & 2(1+\alpha) & \alpha & 0 & 0 & 0 & -3\alpha & 0 \\ 0 & \alpha & 2(2\alpha+\gamma) & \alpha & 0 & \gamma & -3\alpha & -3\alpha \\ 0 & 0 & \alpha & 2(1+\alpha) & 1 & 0 & 0 & -3\alpha \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2(1+\beta) & \beta & 0 & -3\beta \\ \beta & 0 & \gamma & 0 & \beta & 2(\gamma+2\beta) & -3\beta & -3\beta \\ \beta & \alpha & \alpha & 0 & 0 & \beta & -2(\alpha+\beta) & 0 \\ 0 & 0 & \alpha & \alpha & \beta & \beta & 0 & -2(\alpha+\beta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_A \\ \theta_B \\ \theta_C \\ \theta_D \\ \theta_E \\ \theta_F \\ R_1 \\ R_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{AB}-C_{AF} \\ C_{BC}-C_{BA} \\ C_{CD}-C_{CB} \\ C_{DE}-C_{DC} \\ C_{EF}-C_{ED} \\ C_{FA}-C_{FE} \\ C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}$$

ここに、C1、C2はB-C部材、A-F部材、D-C部材およびE-F部材を単純梁とした場合のA点、B点、D点およびE点の反力で、荷重項と組み合わせ構造全体の安定(力の釣り合い)を図り、解析をおこなうこととなります。

3-2-2. ラーメンの解析(荷重ケース1)

荷重ケース1の荷重項を計算し、節点のたわみ角 θ および部材回転角 R の未知数を求めます。この未知数を節点方程式に代入し端モーメントを計算します。

3-2-3. 断面力の計算(荷重ケース1)

荷重ケース1の端モーメントが求められたことから、各部材の断面力(曲げモーメント、せん断力、軸力)を計算します。

3-2-4. 荷重ケース2の計算 …… 側壁の断面力が最大となるケース

荷重ケース2は、側壁の断面力が最大となるケースを想定し、函体の横に10kN/m²の等分布活荷重を盛土天端に載荷させてラーメン軸線に作用する荷重を計算します。

3-2-5. ラーメンの解析(荷重ケース2)

荷重ケース2の荷重項を計算し、節点のたわみ角 θ および部材回転角 R の未知数を求めます。この未知数を節点方程式に代入し端モーメントを計算します。

3-2-6. 断面力の計算(荷重ケース2)

荷重ケース2の端モーメントが求められたことから、各部材の断面力(曲げモーメント、せん断力、軸力)を計算します。

3-3. 設計断面力の計算

「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、応力度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。

3-4. 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。なお、側壁・隔壁下端および底板端部はハンチなしの検討となることに注意が必要です。

3-5. 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。なお、側壁・隔壁下端および底板端部はハンチなしの検討となることに注意が必要です。

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)

3-6. 配筋計画

3-6-1. 配筋の標準化

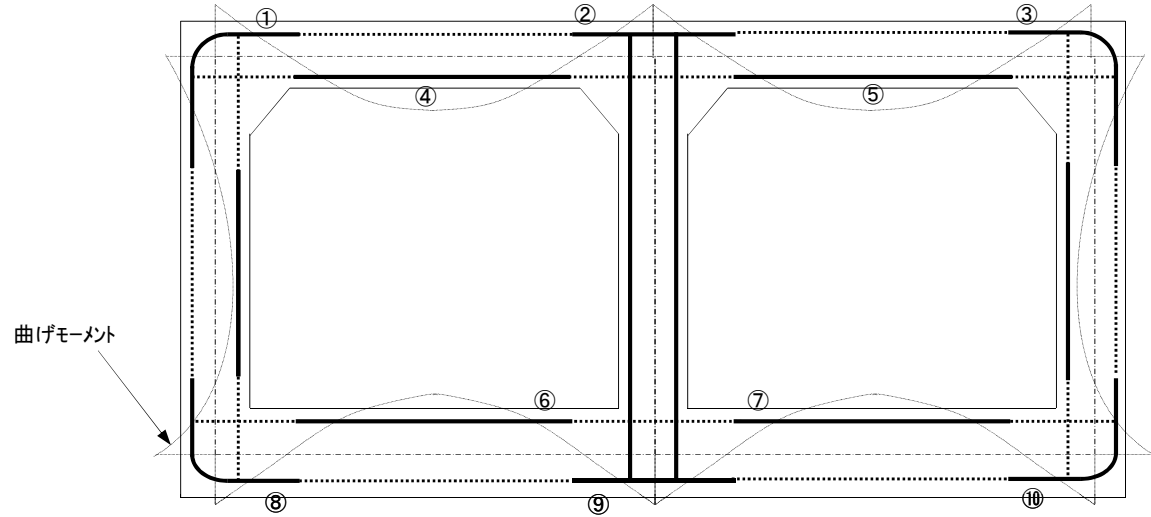
応力度の検討で求められた配筋をおこないます。配筋は施工の単純化を図るため「土木構造物設計マニュアル(樋門編)」に基づきおこないます。

3-6-2. 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。

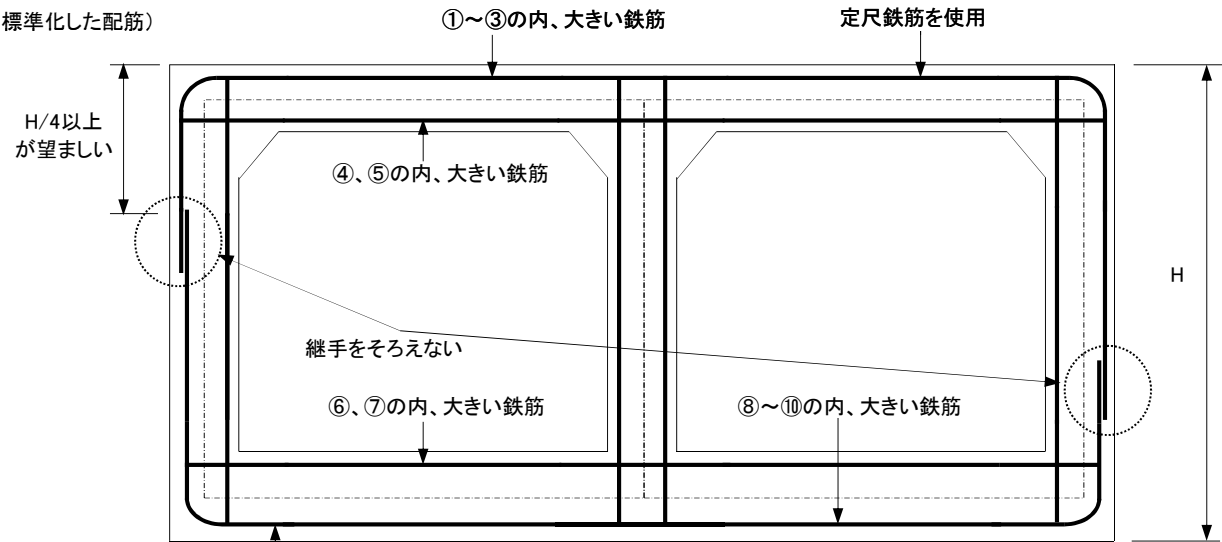
なお、配力筋は施工性を考慮し主鉄筋の外側に配筋します。

(曲げモーメントによる配筋)



曲げモーメント

(標準化した配筋)

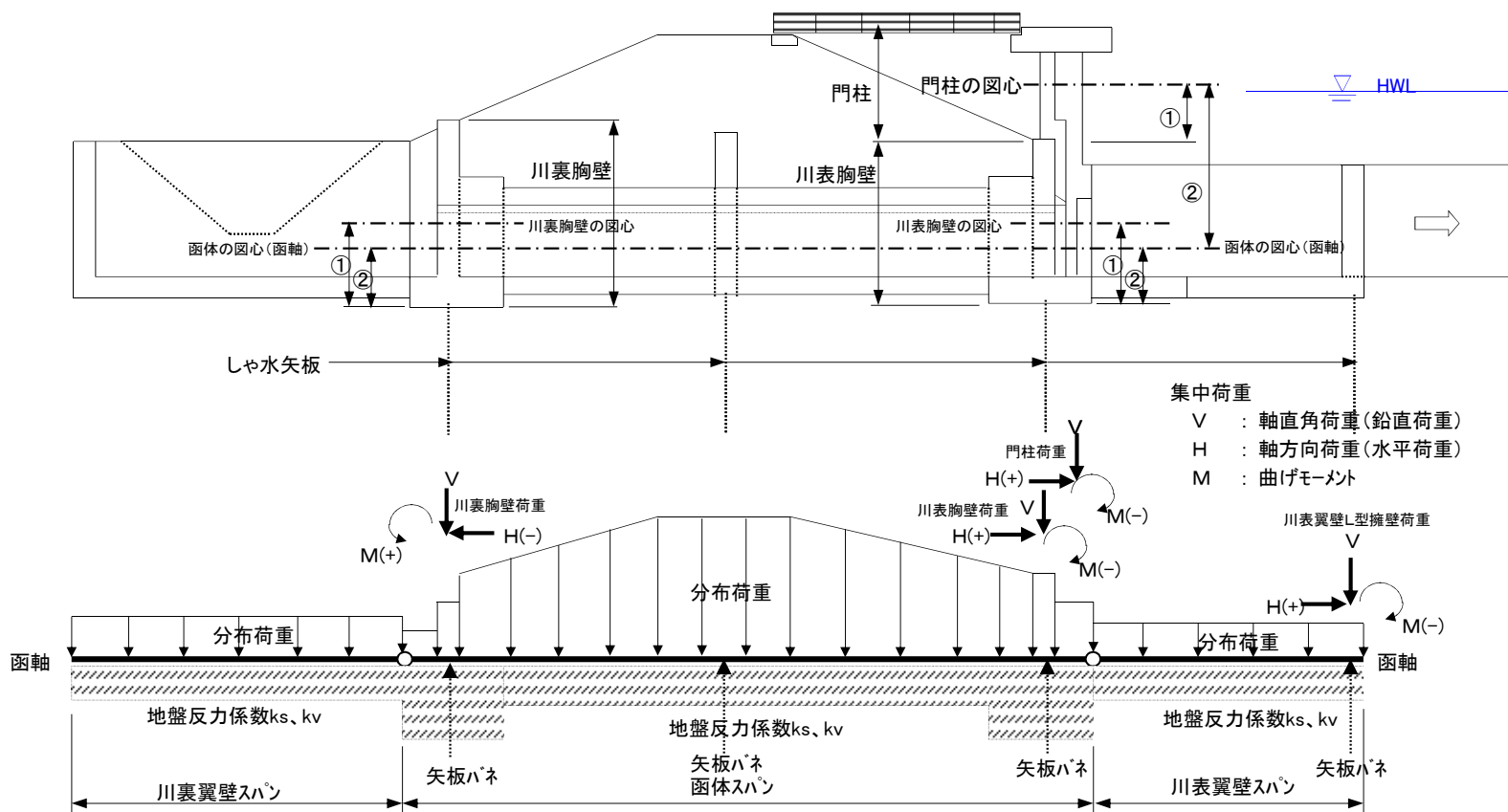


定尺鉄筋を使用

- ※ 1. 配力筋は主鉄筋の外側に配筋する。
- 2. ←連続させた鉄筋は、応力度の検討で求められた鉄筋の最大径で決定した。

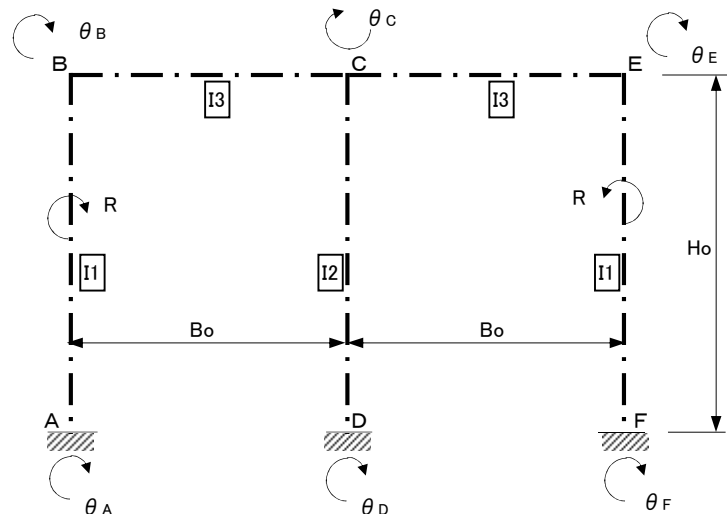
3-7. 函軸の決定

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。



3-8. 地盤支持力の検討

「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。なお、「terzaghiの支持力理論式」で検討する場合は、「参考資料」を参照して下さい。



【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。

1-5. 第4章「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

門柱横方向の計算は函体(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。また、縦方向の計算は函体(土留壁)に固定された「片持ち梁」として解析をおこないます。縦方向の計算では、水平荷重(風荷重および地震時慣性力)は川表側から川裏側に作用させます。

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(端柱および中柱)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. ラーメンの構造

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. 荷重の計算

ラーメン軸線に作用する荷重を求めます。荷重は以下の状態について求めこれを基本荷重とします。

- ・ 常時(荷重ケース1)
- ・ 常時+風荷重(荷重ケース4)
- ・ 地震時(荷重ケース7)

後述する温度荷重の影響については、この基本荷重で求めた断面力に加算した断面力となります。

4-3-3. 荷重項の計算

上記の荷重ケース(ケース1、ケース4、ケース7)ごとの荷重項を求めます。この荷重項と剛比 α 、 β から未知数のたわみ角 θ 、部材角 R を求めることにより節点方程式を導き端モーメントの計算をおこないます。

$$\begin{pmatrix} 2(1+\alpha) & \alpha & 0 & -3 \\ \alpha & 2(2\alpha+\beta) & \alpha & -3\beta \\ 0 & \alpha & 2(1+\alpha) & -3 \\ 3 & 3\beta & 3 & -12-6\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_B \\ \theta_C \\ \theta_E \\ R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{BC}-C_{BA} \\ C_{CD}+C_{CE}-C_{CB} \\ C_{EF}-C_{EC} \\ C_1 \end{pmatrix}$$

非対称荷重が作用する「2連構造の門形ラーメン」では、各節点に生じる曲げモーメントは次のようになります。

$$M_A \neq M_B \neq M_C \neq M_D \neq M_E \neq M_F$$

$$\theta_B \neq \theta_C \neq \theta_E$$

したがって、部材A-B、C-D、E-Fに部材角 R が生じます。このことから、節点のたわみ角 θ_B 、 θ_C 、 θ_E 、部材角 R が未知数となり、この未知数を用いた節点方程式、平衡方程式、層方程式を立て、これより未知数 θ 、 R を求めます。

本設計では、未知数の計算は4元1次方程式を「掃出し法」により求めております。

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。

4-3-5. ラーチン解析の基本事項

非対称荷重が作用する「2連構造の門形ラーメン」の解析をおこなう基本事項について記載しています。

4-4. ラーチンの解析

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。

4-4-1. 「常時」のラーメン解析(荷重ケース1)

4-4-2. 「常時+風荷重」のラーメン解析(荷重ケース4)

4-4-3. 「地震時」のラーメン解析(荷重ケース7)

4-4-4. 断面力の計算に用いる荷重および材端力のまとめ

基本荷重(ケース1、4、7)および温度荷重による端モーメント、せん断力および軸力をまとめています。

4-5. 断面力の計算

荷重ケース1～9までの断面力(曲げモーメント、せん断力、軸力)を計算します。基本荷重はケース1、4、7とし、これに温度荷重による断面力を加算した値がケース2、3、5、6、8、9となります。

4-5-1. 荷重ケース1(常時)

4-5-2. 荷重ケース2(常時+温度荷重(+15°))

4-5-3. 荷重ケース3(常時+温度荷重(-15°))

4-5-4. 荷重ケース4(常時+風荷重)

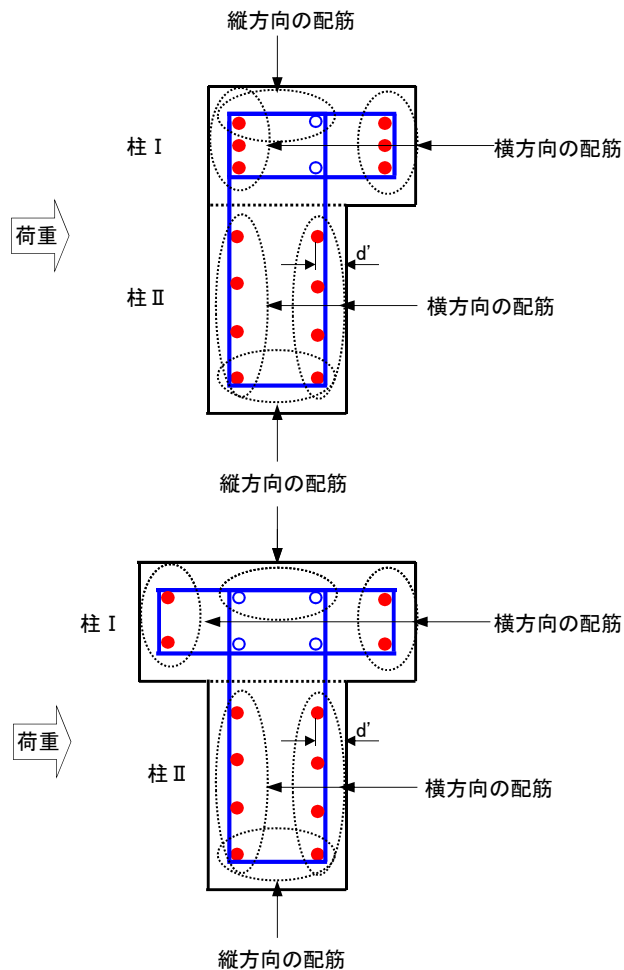
4-5-5. 荷重ケース5(常時+風荷重+温度荷重(+15°))

4-5-6. 荷重ケース6(常時+風荷重+温度荷重(-15°))

4-5-7. 荷重ケース7(地震時)

4-5-8. 荷重ケース8(地震時+温度荷重(+15°))

4-5-9. 荷重ケース9(地震時+温度荷重(-15°))



4-6. 設計断面力の集計

4-6-1. 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。

- ・ 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

4-6-2. 応力度の計算に用いる設計断面力の抽出

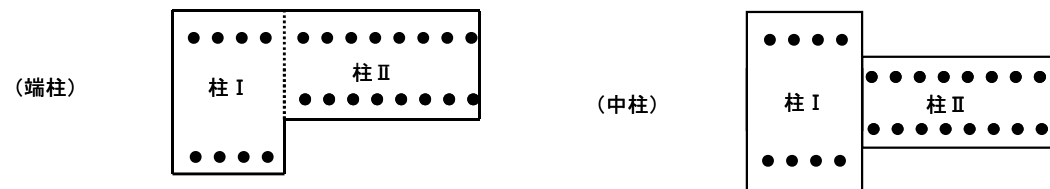
上記の条件から、応力度の検討に用いる断面力を抽出します。なお、柱部材については端柱および中柱の断面力が最大となるケースを抽出します。

4-6-3. 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。

4-7. 設計断面力の分配

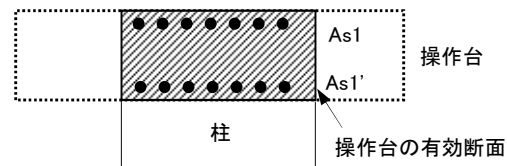
柱部材はゲートの操作上2つの矩形断面(柱 I、柱 II)から構成され、応力度の計算は柱断面の設計断面力を分配しそれぞれの断面で計算します。なお、柱部材の応力度検討は軸力を考慮した「複鉄筋長方形断面」の梁として計算します。また、設計断面力の分配は以下の条件でおこないます。



門柱横方向の計算による柱部材の断面力の分配

- 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

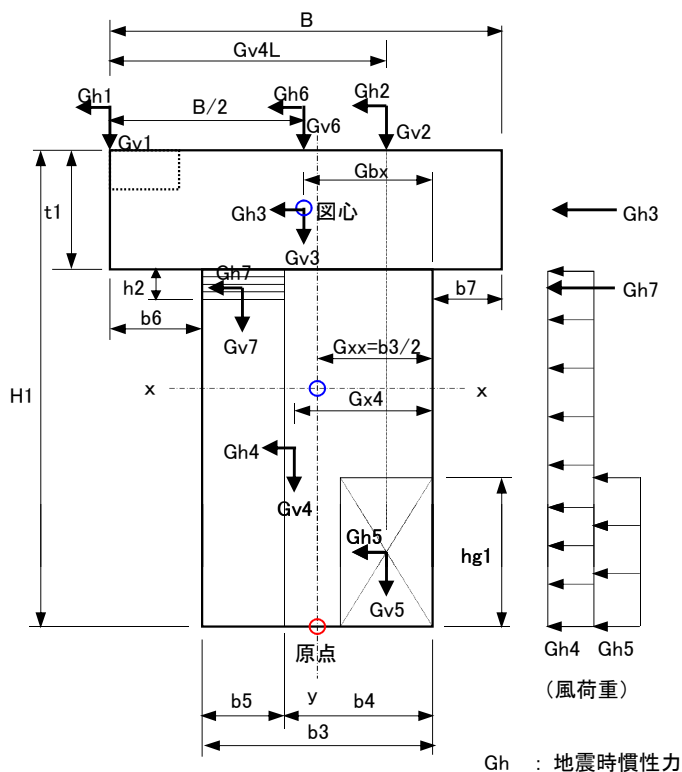
操作台部材は下図の有効断面に対する応力度の検討をおこないます。応力度の検討は「複鉄筋長方形断面」の梁として計算しますが軸力は考慮しません。



第1章 設計の基本

設計基準・使用文献および資料・略図

設 計 内 容



- 荷重ケース1 : 常時(鉛直荷重のみ)
- 荷重ケース2 : 常時+風荷重(鉛直荷重+風荷重)
- 荷重ケース3 : 地震時(鉛直荷重+地震時慣性力)

4-8. 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と必要鉄筋量の検討をおこない、それぞれを満足する配筋をおこないます。ここで、配筋の決定は柱Ⅰ、柱Ⅱおよび門柱縦方向の検討から求められた配筋を比較し、最大となる配筋で決定されることとなります(同一部材に異なる鉄筋径を組み合わせない)。

- 4-8-1. 端柱
- 4-8-2. 中柱
- 4-8-3. 操作台(軸力を考慮しない)
- 4-8-4. 応力度検討のまとめ

4-9. 門柱縦方向の計算

4-9-1. 構造計算の基本事項

門柱縦方向の計算は、函体(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としますが、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、風荷重および地震時慣性力は川表側から作用することとします。

4-9-2. 荷重の計算

荷重ケース1(常時)、荷重ケース2(常時+風荷重)および荷重ケース3(地震時)の荷重の計算をおこないます。

4-9-3. 断面力の計算

荷重ケース1(常時)、荷重ケース2(常時+風荷重)および荷重ケース3(地震時)の断面力(曲げモーメント、せん断力、軸力)の計算をおこないます。

4-9-4. 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。

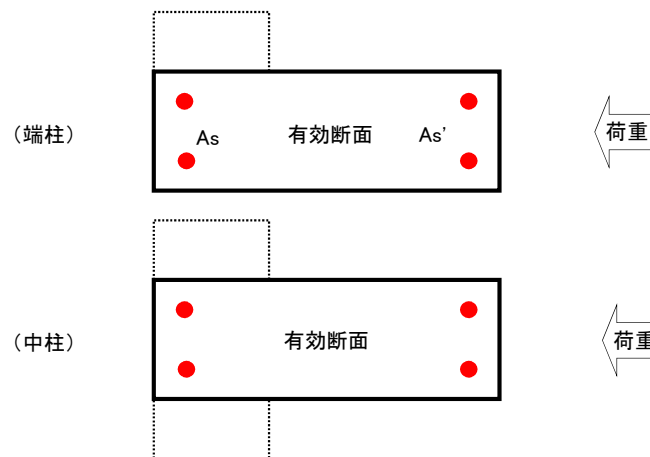
4-9-5. 設計断面力の配分

設計断面力の集計は門柱全体(端柱2本+中柱1本)に対するもので、この断面力を各柱に配分することとします。断面力の配分は次によりおこないます。

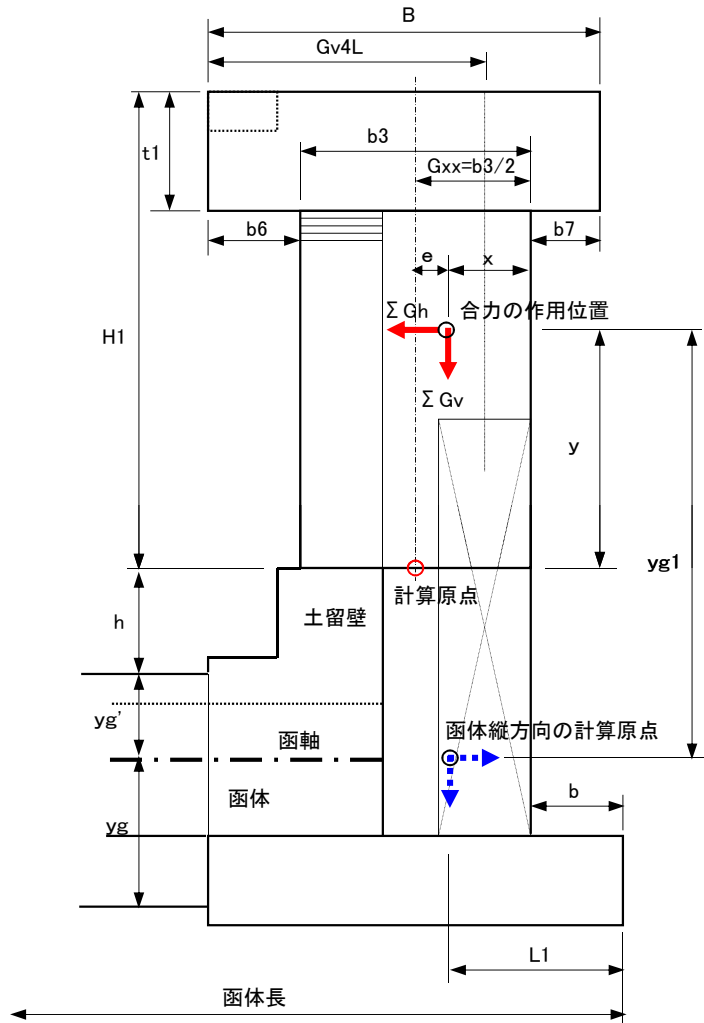
- ・ 曲げモーメント : 端柱および中柱の剛比により配分します。
- ・ せん断力 : 端柱および中柱の面積比により配分します。
- ・ 軸力 : 門柱横方向のラーメン解析により求めた軸力の比率により配分します。

4-10. 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。

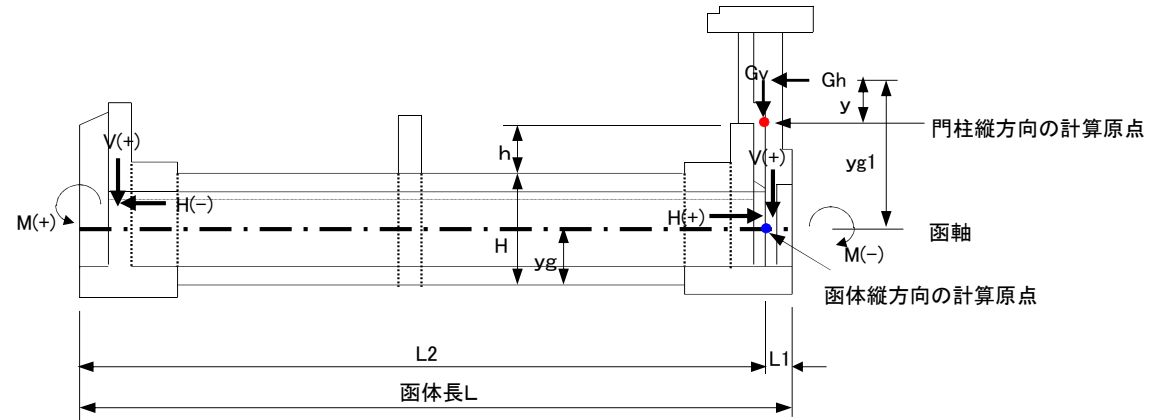


- 4-10-1. 端柱の応力度
- 4-10-2. 中柱の応力度
- 4-10-3. 応力度の検討結果



4-11. 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。シフトさせるケースは水平力が作用する「常時+風荷重:荷重ケース2」および「地震時:荷重ケース3」とします。



なお、函体左側からの距離 $L2$ (合力の作用位置までの距離)は、荷重ケースごとに変化することに注意して下さい。
ここで、門柱縦方向の水平荷重は川表側から作用することとしましたが、函体縦方向の計算では断面力が最大となるケースを考え、断面力の向きは川裏側から川表側に作用することに注意して下さい。