
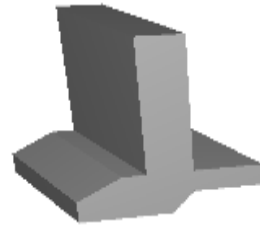



照査の考え方

II

照査の考え方

基礎形式の選定

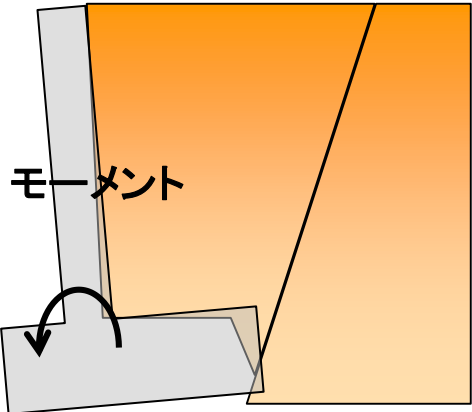
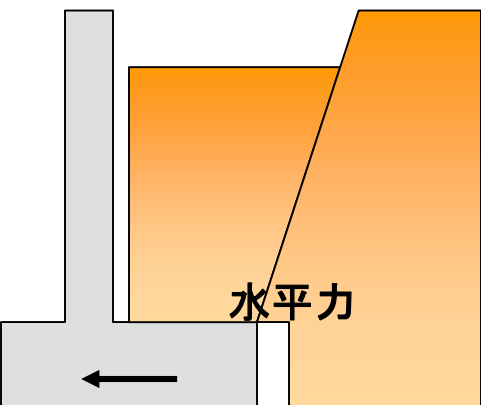
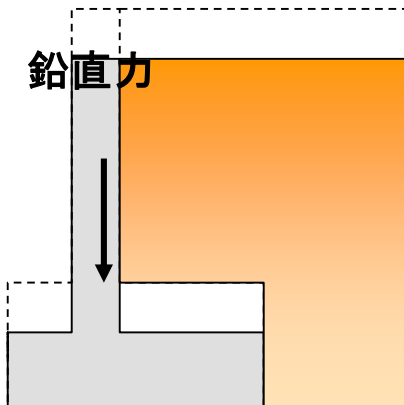
直接基礎	支持層に軟弱地盤がなく、洗掘の恐れがないか対策が可能	一般的な直接基礎
	支持地盤上の一部が軟弱層	良質土(地盤改良)による置き換え基礎
	支持地盤の一部に不良箇所がある、斜面上に設置する	 コンクリートによる置き換え基礎  段差フーチング
杭基礎	軟弱地盤があり、支持層が非常に深い	

本プログラムでは、直接基礎, コンクリートによる置き換え基礎, 段差フーチング, 杭基礎から検討することが可能。

照査の考え方

安定計算(直接基礎)の概要

擁壁が安定していることを確認するために、主に転倒・滑動・地盤反力(支持力)の照査を行います。

転倒	滑動	地盤反力
		

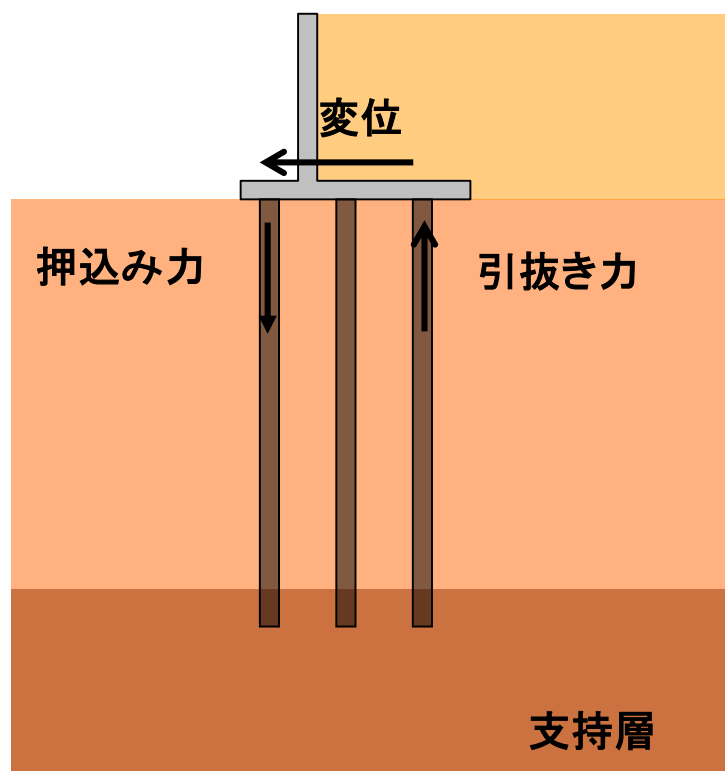
擁壁の破壊形態及び照査内容

照査の考え方

安定計算(杭基礎)の概要

擁壁が安定していることを確認するために、下記の照査を行ないます。

- ・各杭頭部の最大軸方向反力は、杭の許容押込み支持力を超えてはならない
- ・各杭頭部の最小軸方向反力は、杭の許容引抜き力を超えてはならない
- ・杭基礎の変位量は、許容変位量を超えてはならない



照査の考え方

浮き上がりに対する検討(U型擁壁)

U型擁壁において、水位を考慮する時は浮力による躯体の浮き上がりを検討する必要があります。
浮き上がりに対する安全率は、鉛直力と浮力の比により求めます。

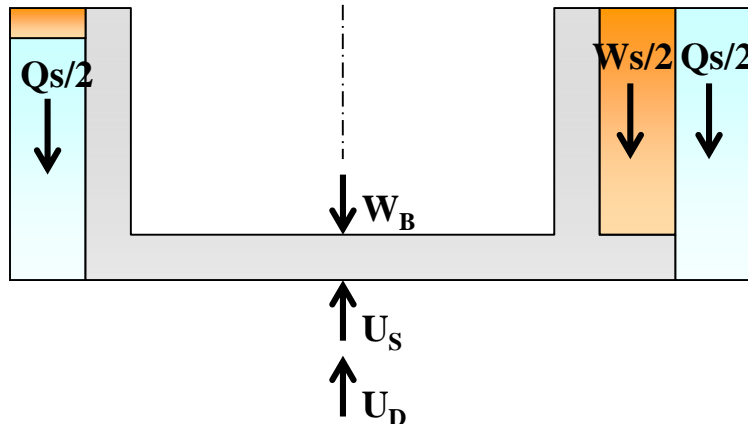
水路工

$$F_s = \frac{\sum V + 0.5 \cdot P_v}{U}$$

全鉛直力と浮力の比により求めます。
但し、土圧の鉛直成分は安全側を考慮50%計上します。

土工指針(「共同溝設計指針」)

張り出しがない場合 ← → 張り出しがある場合



$$F_s = \frac{W_B + W_s + Q_s}{U_s + U_D}$$

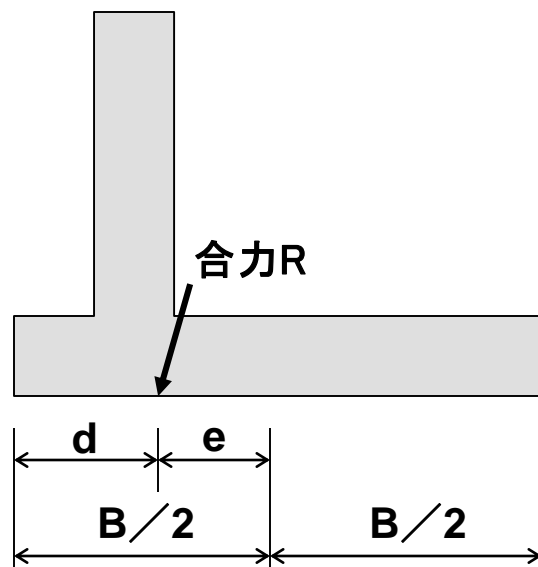
鉛直力は、躯体重量 W_B や土砂重量 W_s に土のせん断抵抗 Q_s を加算します。
浮力は、静水圧による浮力 U_s に地震時の過剰間隙水圧による浮力 U_D を考慮します。

但し、常時には Q_s 及び U_D を考慮しません。

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

転倒に対する照査(偏心量)



擁壁底版に合力Rが作用するとした時、合力Rのつま先前面からの作用位置dは、以下のように求められます。

$$d = \frac{\sum Mr - \sum Mo}{\sum V}$$

$\sum Mr$: つま先回りの抵抗モーメント (kN・m)

$\sum Mo$: つま先回りの転倒モーメント (kN・m)

$\sum V$: 底版下面に作用する鉛直力 (kN)

この時の偏心量は、以下ようになります。

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

一般的に、下記を満たしていれば浮き上がりは生じないとされています。

$$\text{常時: } |e| \leq \frac{B}{6}$$

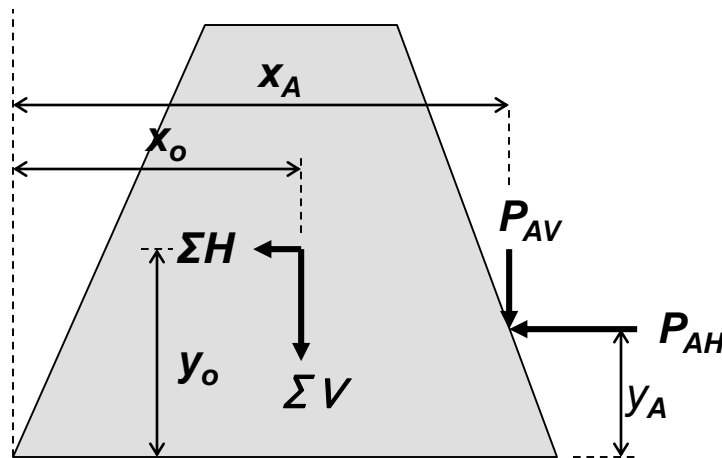
$$\text{地震時: } |e| \leq \frac{B}{3}$$

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

転倒に対する照査(安全率)

安全率は抵抗モーメントと転倒モーメントの比で求めますが、土圧の扱い方の違いにより「水平分力」と「土圧全体」の2つの方法があります。



ΣV : 土圧鉛直成分を除いた鉛直力合計
 ΣH : 土圧水平成分を除いた水平力合計
 x_o : ΣV の作用位置
 y_o : ΣH の作用位置
 P_{AV} : 土圧鉛直成分
 P_{AH} : 土圧水平成分
 x_A : P_{AV} の作用位置
 y_A : P_{AH} の作用位置

水平分力

$$Fs = (\Sigma V \cdot x_o + P_{AV} \cdot x_A) / (\Sigma H \cdot y_o + P_{AH} \cdot y_A)$$

森林土木構造物標準設計等で採用

土圧全体

$$Fs = (\Sigma V \cdot x_o - \Sigma H \cdot y_o) / (P_{HV} \cdot y_A - P_{AH} \cdot x_A)$$

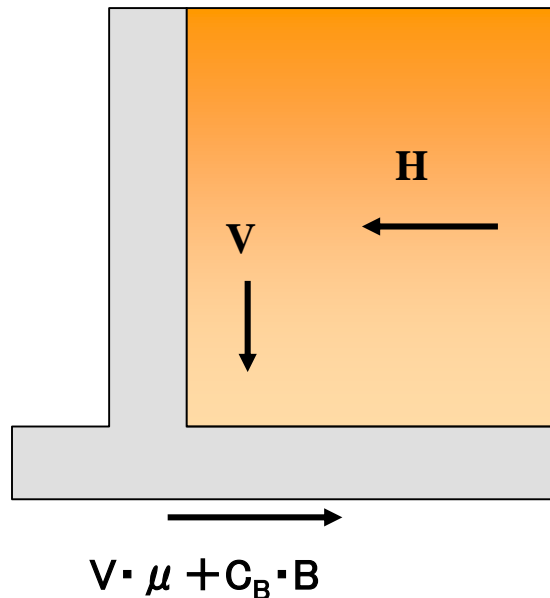
大型ブロック積み擁壁設計・施工マニュアルで採用

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

滑動に対する照査①

滑動に対する抵抗力が鉛直力, 摩擦係数, 付着力により構成される最も一般的な式。



$$F_s = \frac{V \cdot \mu + C_B \cdot Bb}{H}$$

選択可能

V : 全鉛直力

H : 全水平力

μ : 底版と支持地盤の間の摩擦係数

C_B : 底版と支持地盤の間の付着力

Bb : 有効載荷幅(底版全幅 B または有効載荷幅 B')

有効載荷幅については、底版全幅 B とするか有効載荷幅 B' とするかを指定することができます。

B' は偏心量 e より、以下のように算出。

$$\bullet B' = B - 2e$$

$$\bullet B' = 3(B/2 - e) \quad \text{※川崎市等}$$

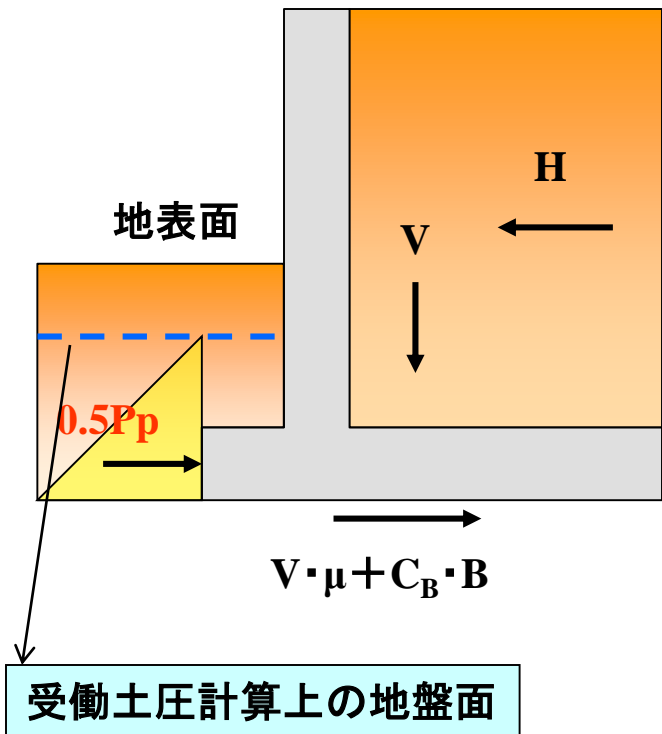
土工指針(H11)では B ,

土工指針(H24)、道示IVでは B' を採用。

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

滑動に対する照査②



滑動抵抗に受働土圧を考慮した場合は、この式により照査します。

$$F_s = \frac{V \cdot \mu + C_B \cdot Bb + 0.5P_p}{H}$$

P_p: 受働土圧の水平成分

任意指定可能

受働土圧は、主働土圧に比べて発揮される変位が大きいので、算出した受働土圧にさらに**0.5**を乗じた値(**土工指針**)を考慮します。

本プログラムでは0.5の部分を任意に指定可能です。

受働土圧を考慮する高さは、締め固め等を考慮の上、根入れ位置からの高さを検討する必要があります。

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

地盤反力に対する照査①

台形分布	三角形分布1	三角形分布2
<p>底版幅B d 底版中心 B/3 (ミドルサード) R q1 q2</p>	<p>底版幅B d 底版中心 2B/3 R q1 x</p>	<p>底版幅B e 底版中心 R q1 x</p>
<p>合力作用位置dが底版中央の底版幅1/3の中にある場合 ($3d > B$)</p> $q1 = \frac{V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \quad q2 = \frac{V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$	<p>dが底版中央のB/3～2B/3の範囲にある場合 ($3d < B$)</p> $q1 = \frac{2 \cdot V}{3 \cdot d}$	<p>B/3 < e < B/2 の場合 (宅地関連)</p> $q1 = \frac{4 \cdot V}{B}$

照査の考え方

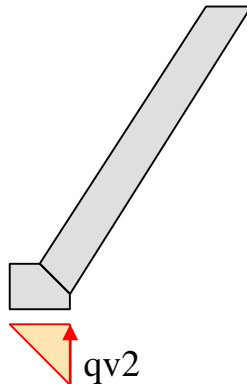
安定計算(直接基礎)

地盤反力に対する照査②

土工指針(H24)のブロック積み

$$qv2 = \frac{1.2 \cdot \sum V}{B}$$

qv2 : 底面後方に発生する鉛直地盤反力度
V : 全鉛直力
B : 基礎コンクリート幅



土工指針(H24)の許容値との比較

$$\frac{V}{B'} \leq qa$$

$$q1, q2 \leq qa0$$

$$q1, q2 \leq q_{\max}$$

qa : 静力学公式による許容支持力度
qa0 : 許容支持力度 (表の値)
qmax : 最大地盤反力度の上限値(表の値)
q1, q2 : 擁壁底面の地盤反力度
V : 擁壁底面における全鉛直荷重
B' : 有効載荷幅 $B' = B - 2e$

但し、後方偏心時は $B' = B$

※擁壁工指針P67

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

許容支持力算出

本プログラムでは、地盤の許容支持力を計算することができます。
下記のように数多くの算出式を用意しています。

適用基準、適用対象	算出式、適用年度
道路橋示方書 IV下部構造編	補正係数考慮
設計要領 第2集	水平地盤、傾斜地盤(平成12年版、平成18年版)
土地改良事業計画設計基準	農道(平成17年3月) 水路工(平成13年2月)
宅地造成	宅地防災マニュアル 国土交通省告示式(支持力係数、qt、Nswの3種)
その他	速度場法(大型ブロック積擁壁 設計・施工マニュアル) 水平地盤(建築基礎構造設計指針)

支持力係数の直接入力も可能です

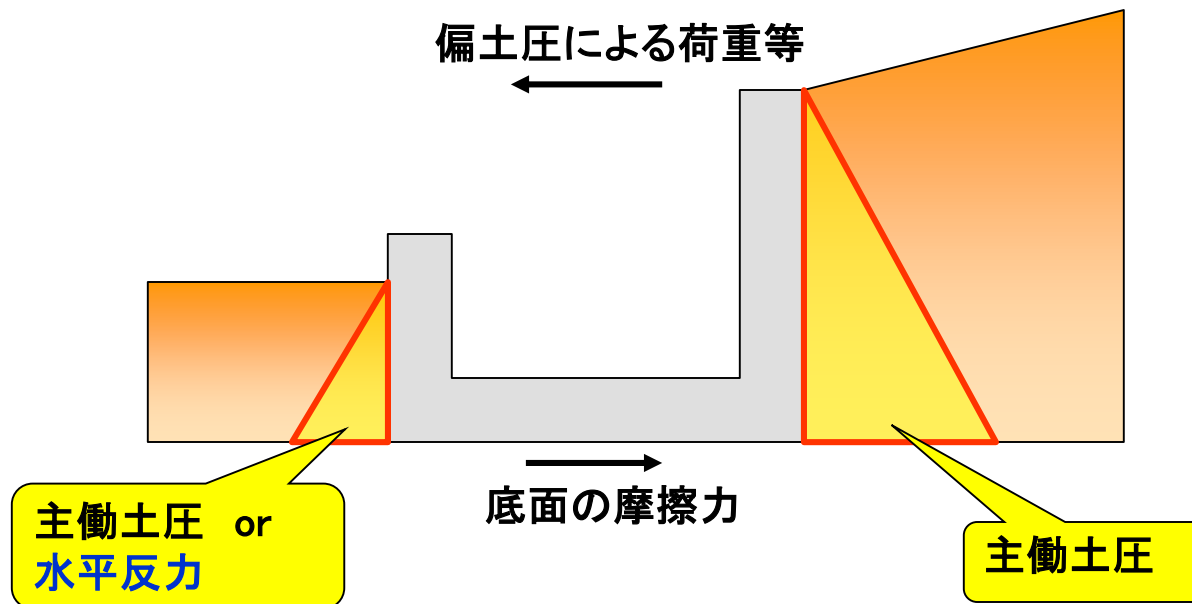
照査の考え方

安定計算(U型擁壁直接基礎)

直接基礎の時の考え方は、明確な指針がないため、**土地改良の水路工**に基づき照査を行っています。左右の壁に作用する水平力が極端に異なる場合、計算上は滑動してしまう可能性がありますが、実際には左右土砂で拘束されているため滑動することはありません。

つまり、滑動しないよう計算するのが適切です。滑動しない場合は両側とも主働土圧となりますが、滑動する場合は、**滑動させないだけの反力(水平反力)**が生じると考えます。

尚、この水平反力は、**受働土圧を最大値とする力**となります。

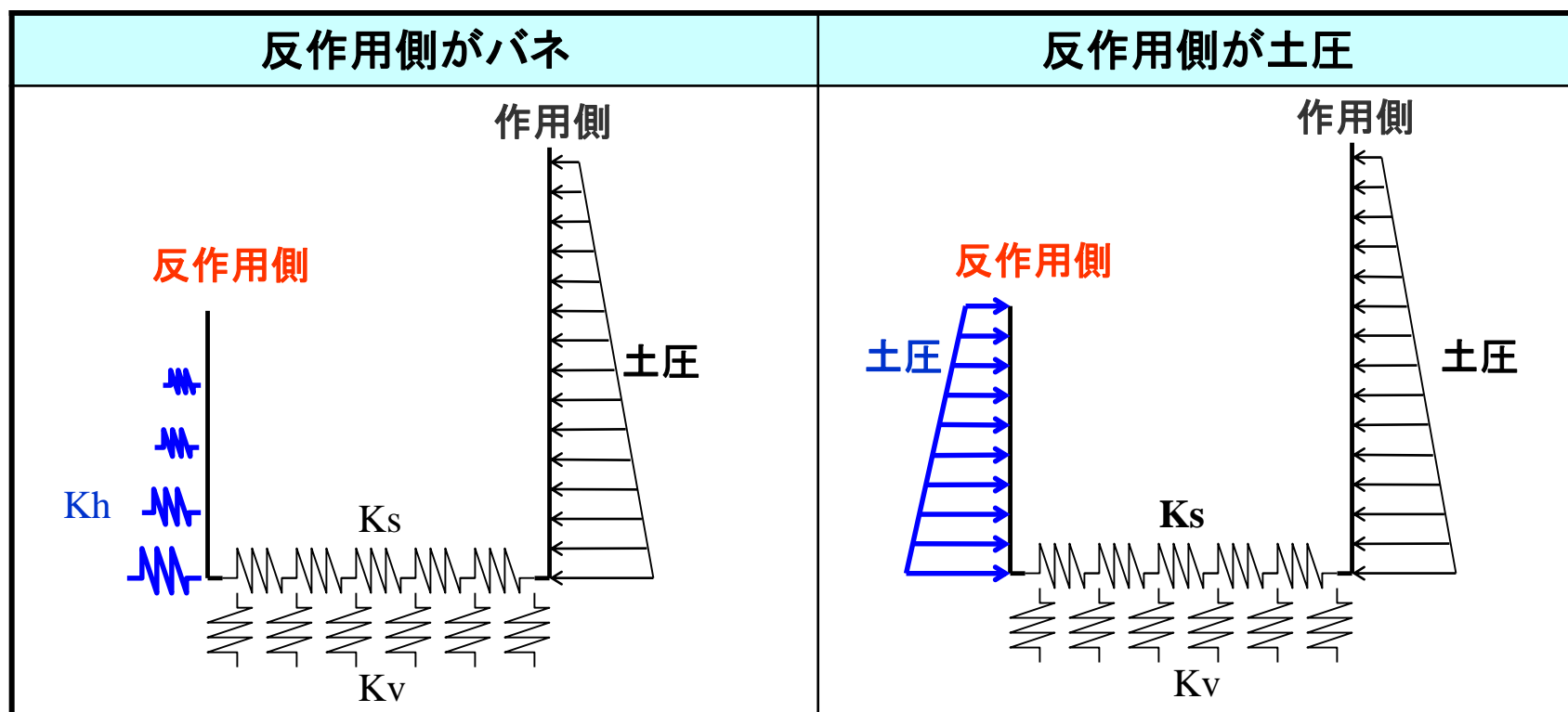


滑動の状況により、受働側が主働土圧から水平反力に変化します。

照査の考え方

U型擁壁バネ基礎

バネ基礎は、地盤をバネに置き換えて計算します。
底版底面は鉛直の等分布バネ K_v とせん断バネ K_s で支持されていると考えます。



側壁は水平方向の三角分布バネ K_h で支持されていると考えるか、土圧を作用させるかを選択して断面力を算出します。

照査の考え方

安定計算(もたれ式、ブロック積みの場合)

従来の方法1

もたれ式擁壁やブロック積み擁壁では、壁が後方へ傾斜するため、土圧によるモーメントに比べて自重によるモーメントが卓越します。そのため、重力式擁壁等と同様の安定計算を行うと、合力作用位置が底版外となり安定計算が不能となり、部材幅を大きくする等の対策が必要となります。

従来の方法2

従来から適用されている方法として、擁壁の重量と土圧との合力の作用点の軌跡から求められる示力線方程式による方法がある。示力線がミドルサードより後方に入るようにする必要があります。

本プログラムでは、示力線作成時の作用力は堅壁の設計と同様に考えます。

最近の動向

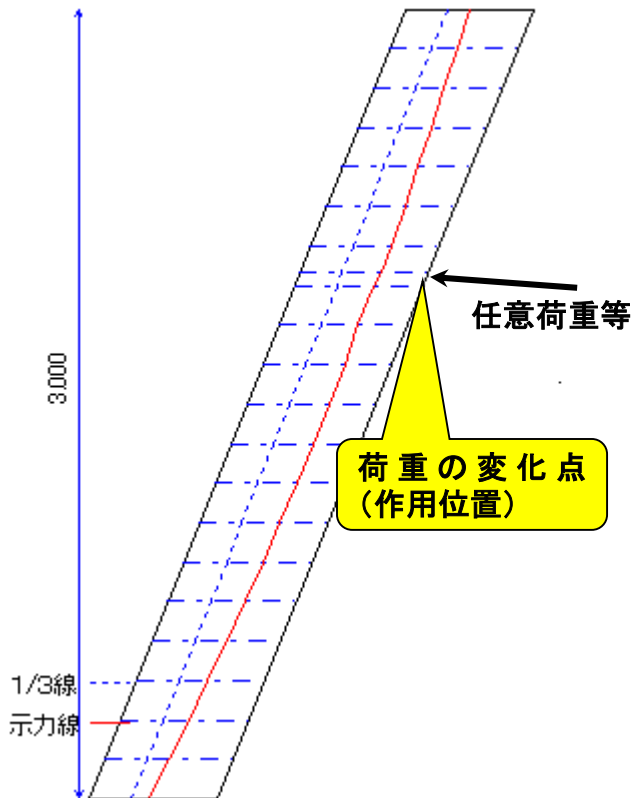
擁壁工指針(H24)、土木学会四国支部では、裏込土からの地盤反力を考慮して地盤反力と壁面の地盤反力との釣り合いを考慮する方法があります。

照査の考え方

安定計算(もたれ式、ブロック積みの場合)

示力線方程式

一般的に広く利用されている方程式を使用します。(土地改良 等)



$$x = \frac{K_a \cdot \gamma \cdot \sin \alpha}{6b \cdot \gamma_b} y^2 + \left\{ \frac{K_a \cdot q \cdot \frac{\sin \theta}{\sin(\theta + i)} \cdot \sin \alpha}{2b \cdot \gamma_b} + \frac{\cot \alpha}{2} \right\} y$$

- b : 壁幅
- θ : 躯体の傾斜角
- α : 躯体の傾斜面が水平面となす角度
- γ_b : 躯体の単位体積重量
- γ : 背面土砂の単位体積重量
- K_a : クーロンの土圧係数
- q : 上載荷重
- i : 地表面勾配

示力線方程式による照査では、通常以下のような制限があります。

- ・土砂形状は水平か一定勾配、土圧係数が**必要**
- ・考慮できる荷重は自重、**載荷荷重**、土圧

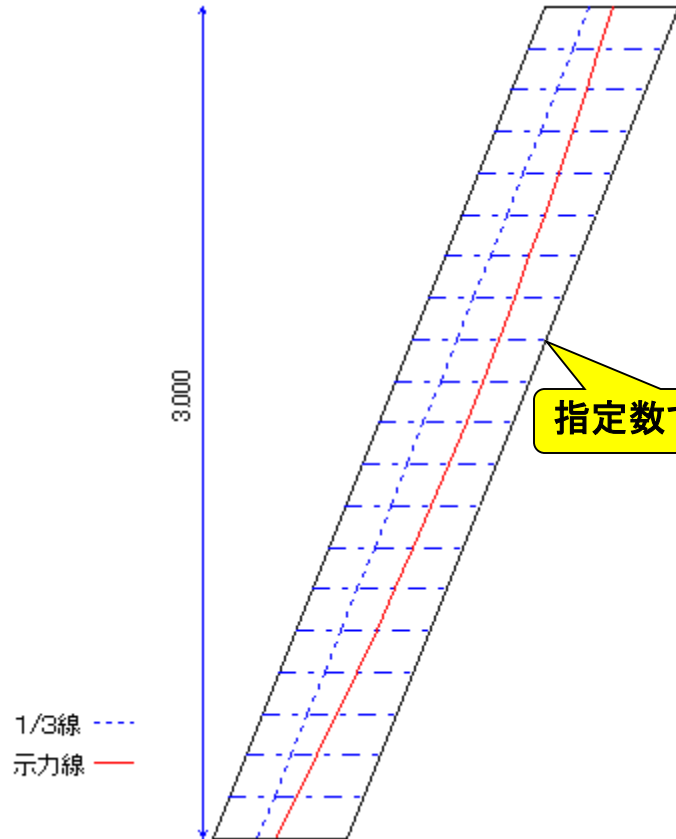
本プログラムでは、荷重の変化点(作用位置)毎に方程式を解くことにより水位等の荷重を考慮することが可能。

照査の考え方

安定計算(もたれ式、ブロック積みの場合)

示力線(偏心量より)

任意位置での作用外力の作用点を求め、求めた作用点を直線で結び「示力線」としています。



分割位置毎に豎壁の設計に準じた荷重集計を行い、M, Nを算出します。

算出されたM, Nより、偏心距離 e を算出します。

$$e = M / N$$

各位置毎の e 点を結び示力線とします。

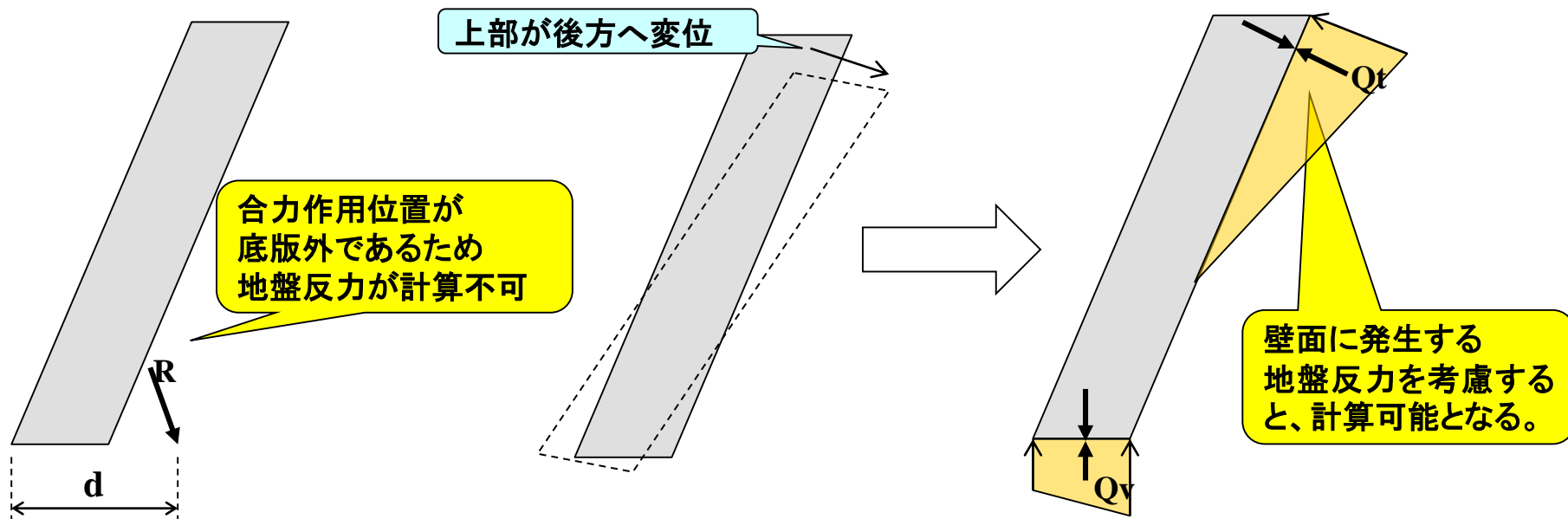
示力線方程式のような荷重制限はありませんので、厳密に照査を行ないたい場合は、「偏心量より」が適しています。

照査の考え方

安定計算(直接基礎)

壁面地盤反力(地盤バネモデルによる計算法)

擁壁上部が裏込土を押し付けるように後方へ変位するため、土砂からの反力を受けるとしており、この反力を壁面地盤反力と呼び、これを考慮することで安定計算を行うことが可能となります。



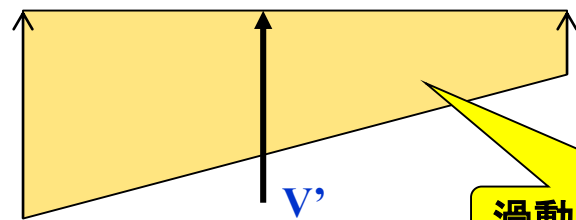
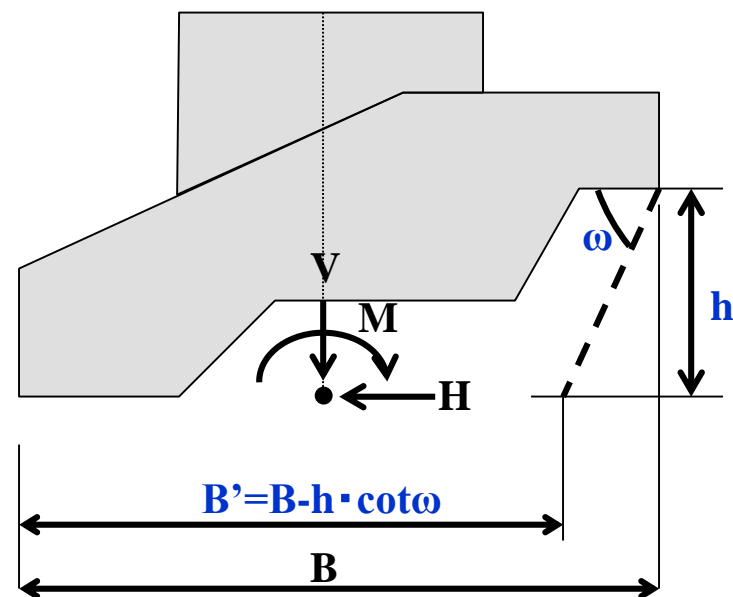
擁壁工指針(H24)で採用されましたが、地盤バネの推定が困難であると考えられるとの理由から、簡便法による計算法が紹介されています。

照査の考え方

安定計算(段差フーチング)

段差フーチングの場合は、段差面を考慮して次のように照査します。

$$\omega = \pi/4 + \phi/2 - \tan^{-1}(H/V)$$



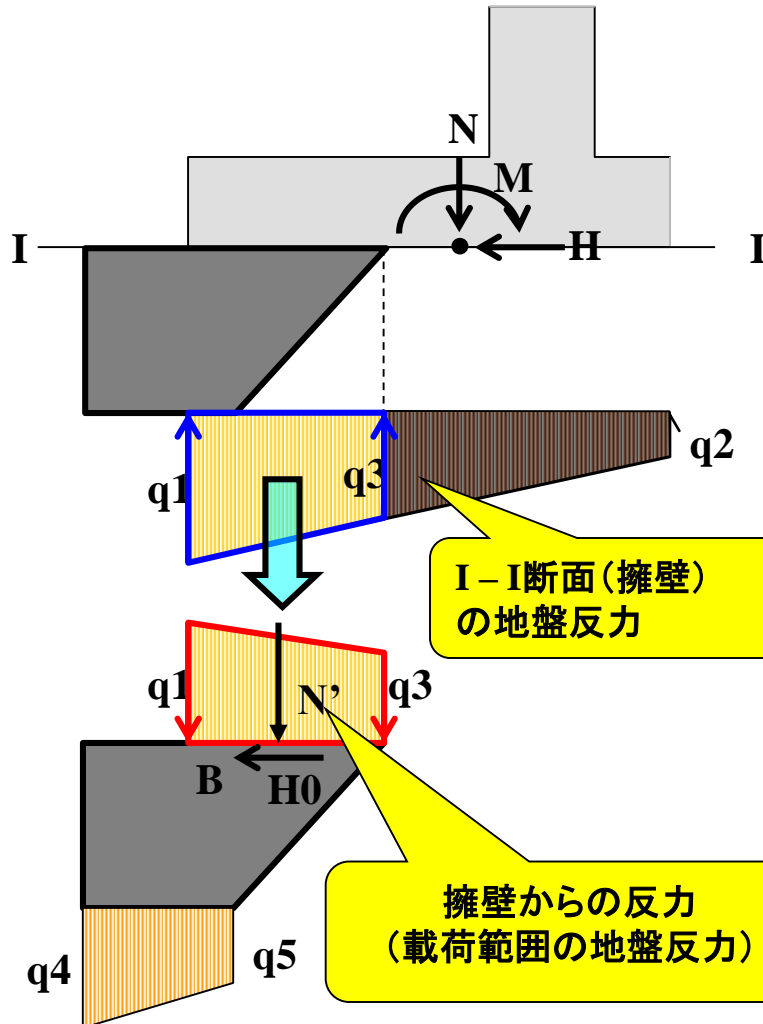
滑動照査用地盤反力

照査項目	照査方法
転倒の安定	仮想底面位置は底版幅Bとして、通常の擁壁同様に考えます
滑動の安定	底版幅B'に生じる鉛直力V'により算出する滑動抵抗力によって全水平力を負担させます。
最大地盤反力度	仮想底面位置を底版幅Bとして、通常の擁壁同様に考えます
鉛直支持力	支持力は、斜面上基礎(設計要領, 土工指針H24)の鉛直支持力により照査します。

照査の考え方

安定計算(置換基礎)

コンクリートの置き換え基礎の場合は、擁壁から作用する地盤反力を考慮します。



置換基礎部は、置換基礎の自重や水圧、浮力は当然考慮しますが、これに加えて**擁壁本体からの地盤反力の影響**を考慮します。

擁壁本体からの地盤反力は、図の $q1$ と $q3$ の部分です。

置換基礎の天端には、滑動力として次の $H0$ が作用します。

$$H0 = (N'/N) \cdot H$$

$$N' = 1/2 \cdot (q1 + q3) \times B$$

- N' : 擁壁からの地盤反力で置換基礎に作用する部分
- $q1, q3$: 置換基礎に作用する地盤反力度
- B : 置換基礎天端での地盤反力の作用幅
- N : 擁壁の鉛直力
- H : 擁壁の水平力

$H0$ は、置換基礎部に作用する地盤反力 N' と擁壁部の鉛直力 N の比に擁壁部の水平力を乗じることで求めます。

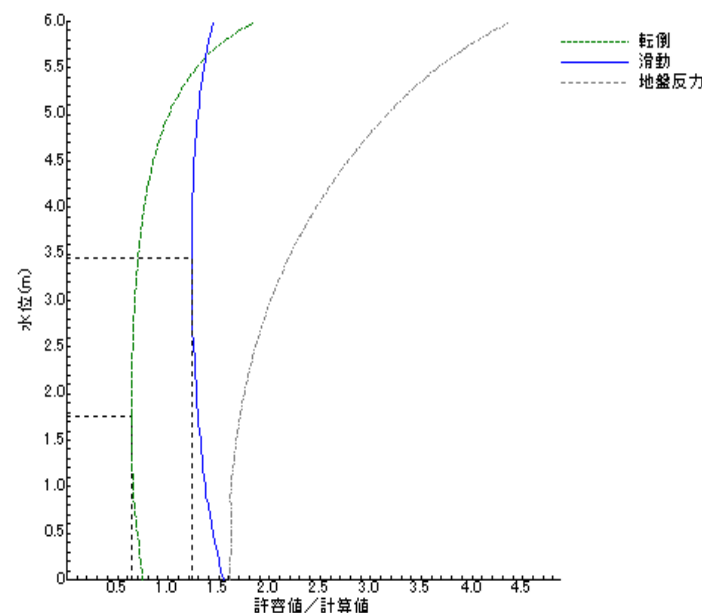
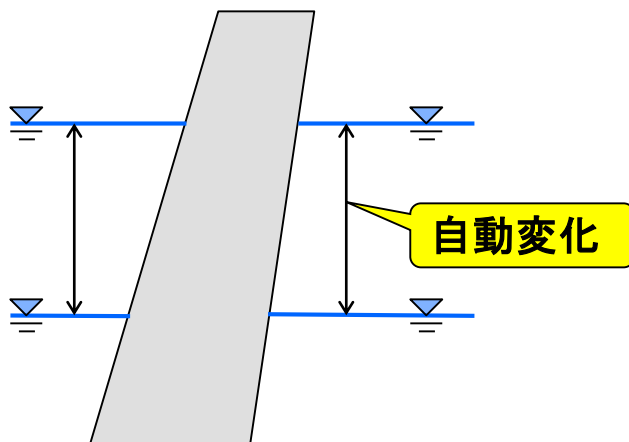
照査の考え方

安定計算(直接基礎)

危険水位の算出

安定計算(直接基礎)の項目(転倒, 滑動, 鉛直支持力, 地盤反力度)毎に最も危険な水位を算出する機能です。

水位を上昇させた場合は水位上昇とともに浮力は上昇しますが、土圧は逆に減少します。これにより、水位が高い方が不安定になるとは単純に判断できず、特に滑動の照査においてはこの影響が顕著になります。危険水位の算出では、設計者が水位設定を繰り返して水位を算出することなくプログラムで自動判別できます。



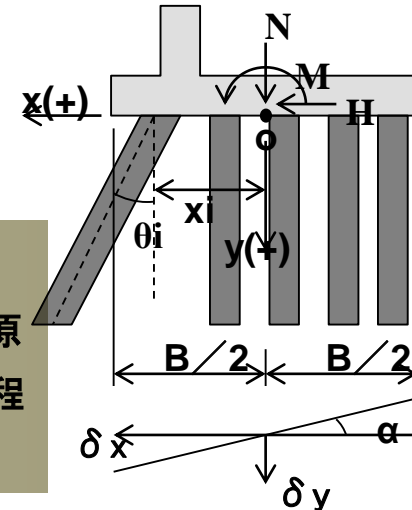
水位と各安定計算結果の関係をグラフで確認可能

照査の考え方

安定計算(杭基礎)の概要

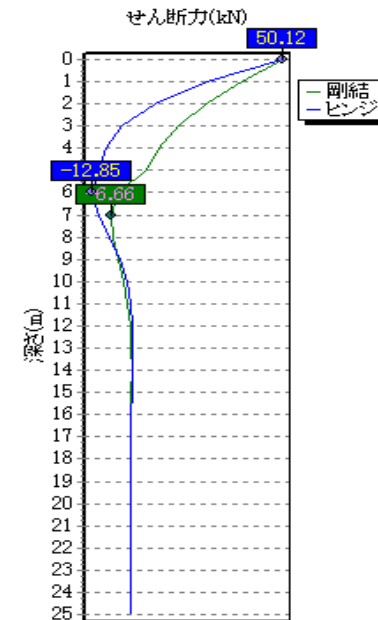
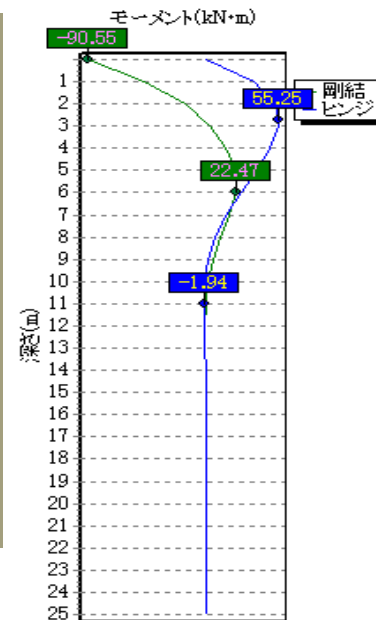
杭反力および変位量

杭反力および変位量の計算は、道示IV12.7での方法にしたがい、フーチングの変位(鉛直・水平・回転変位)を考慮した変位法によって行う。フーチングの底面中心Oを原点とにおいて、O点での外力を計算する。変位法における計算方法は、三次元連立方程式を解いて杭反力及び変位量を求める。



杭本体の設計

軸直角方向力、杭頭モーメント による杭体各部の曲げモーメント 及びせん断力は、杭体を弾性床上的のはりとして求める。
軸方向の押込み力は、軸力が深さ方向に変化がないものと仮定し、杭頭の反力を使用しています。
杭体照査は、軸力(押込み力最大, 引抜き力最大)、水平力、モーメントを考慮して鋼管杭・RC杭・PC杭・PHC杭・場所打杭・鋼管ソイルセメント杭・SC杭・SC+PHC杭・回転杭・その他の杭について設計が可能です。

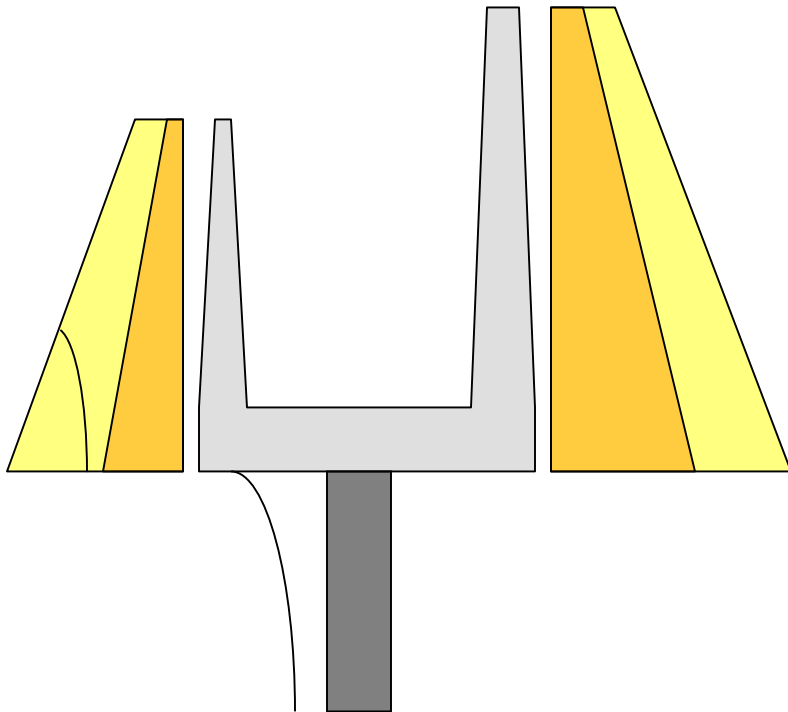


照査の考え方

安定計算(U型擁壁杭基礎①)

底版を弾性体として扱う場合1

U型擁壁の杭基礎においては、基準類においては明確に記載がないため、弊社で合理的と考えるモデルにより照査しています。



偏土圧が作用する場合は、図のように土圧は変化すると考えられます。

■ 右側の側壁に作用する土圧

静止土圧の状態から主働土圧の状態に移る

■ 左側の側壁に作用する土圧

静止土圧の状態から受働土圧の状態に移る。

ただし、前面地盤の地盤反力度が受働土圧強度より小さい場合には受働土圧以下となる

実際のプログラムでは、**常時**は**バランスモデル**と**抵抗バネモデル**の2つを用意してモデル化し、地震時は地震時の影響を側壁のバネだけで抵抗させる**抵抗バネモデル**により断面力を算出しています。

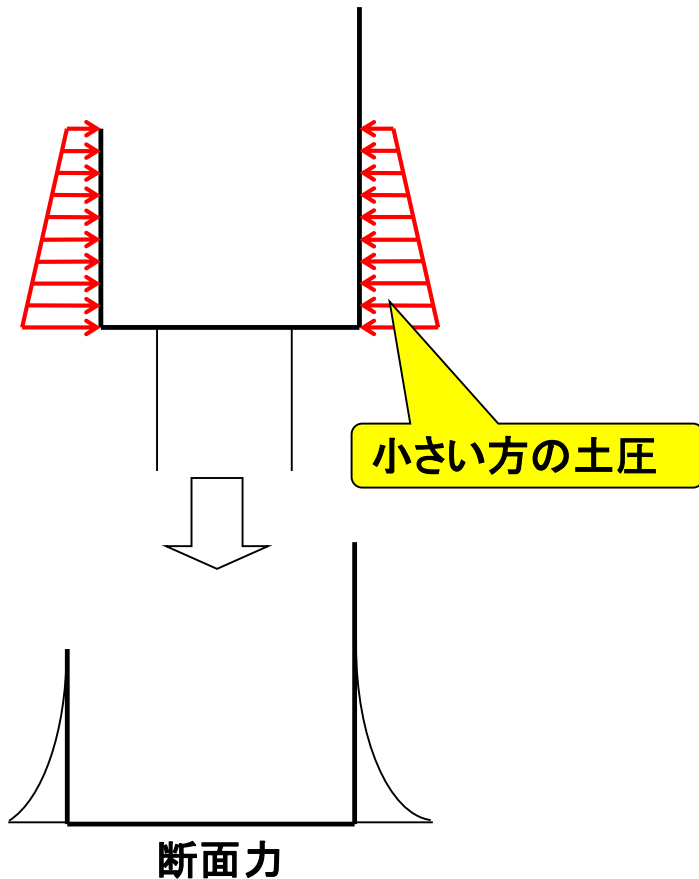
バランスモデルでは、釣り合い状態の断面力を算出し、抵抗バネモデルでは偏荷重分を杭とバネで分担させることで断面力を算出します。

照査の考え方

安定計算(U型擁壁杭基礎②)

底版を弾性体として扱う場合2

バランスモデル



1) 左右両側の側壁にバランスする荷重を作用させる

- ・構造モデルにおいては、**杭のみをバネで支持させて、側壁にはバネを設けない。**
- ・主働土圧の他に自重等の鉛直力を作用させる。
- ・左右に作用する作用力の中で、釣り合った荷重を作用させる。

これらの釣り合った荷重を作用させて、フレーム計算を行い、釣り合い状態での断面力を算出します。

この時、**側壁やフーチングには断面力は発生するが、杭には水平変位は生じない。**

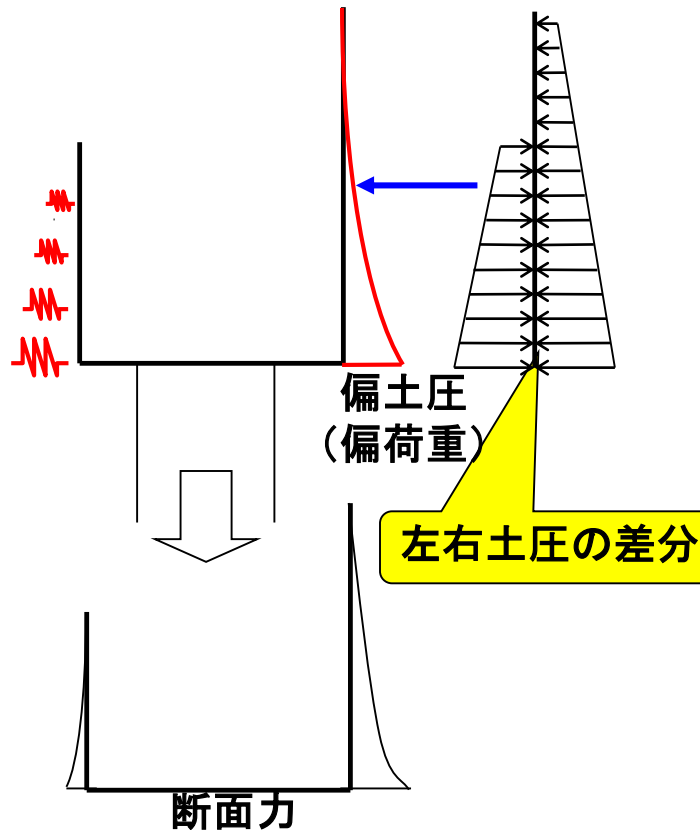
図においては、左側の主働土圧を左右両側に作用させています。

照査の考え方

安定計算(U型擁壁杭基礎③)

底版を弾性体として扱う場合3

抵抗バネモデル



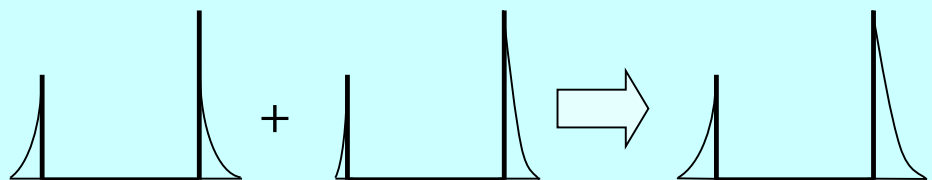
2) 偏土圧分は地盤バネにより抵抗すると考えます。

- ・構造モデルは杭および受働側の側壁がバネで支持されている構造とする。

- ・土圧の差の分を片側の側壁(図の場合は右側の側壁)に作用させる)

- ・土圧の差分の他に地震時慣性力等の左右でバランスできない分を作用させる。

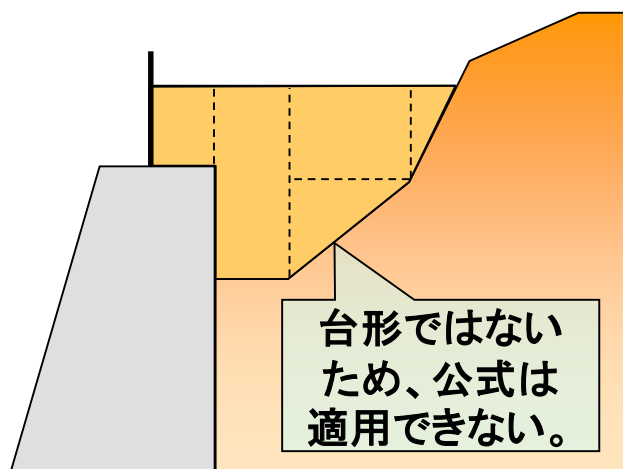
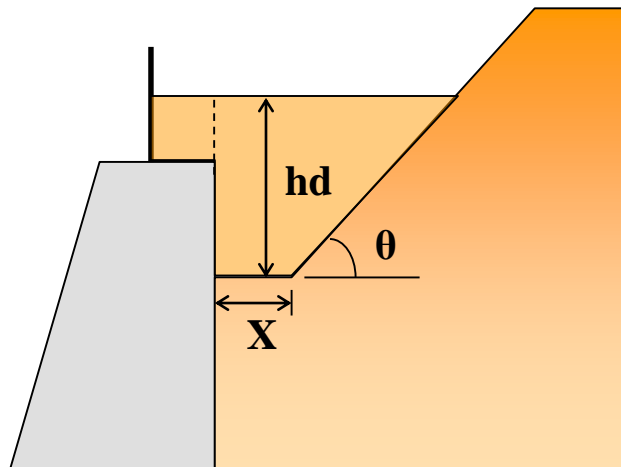
断面力は、バランスモデルと抵抗バネモデルの断面力を足し合わせた結果になる。



照査の考え方

土砂捕捉容量の検討

堆積土圧を考慮する際に、崩壊土砂を十分に捕捉できる空間を確保するための照査を行ないます。



一般的には、以下の式により捕捉容量 V_d を算出します。

$$V_d = \left(2 \cdot X + \frac{h_d}{\tan \theta} \right) \times \frac{h_d}{2}$$

X : 斜面下端から擁壁までの距離 (m)

h_d : 堆積高さ (m)

本プログラムでは上式によらず、実際の土砂形状から厳密に算出します。

照査の考え方

部材設計(概要①)

応力度の照査1

一般的な逆T擁壁の場合、縦壁には土圧、つま先版には地盤反力が作用します。かかと版には土砂と地盤反力が作用しますが、地盤反力よりも土砂による荷重がはるかに大きくなります。

このとき、部材は図2のような変形となります。

そのため、縦壁は背面側、つま先版は下側、かかと版は上側に引張が生じます。

擁壁の設計は、通常単鉄筋としますので引張が生じる側へ鉄筋を配置します。

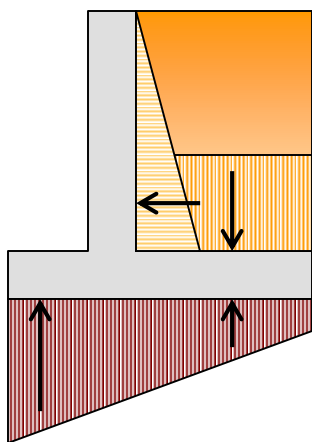


図1

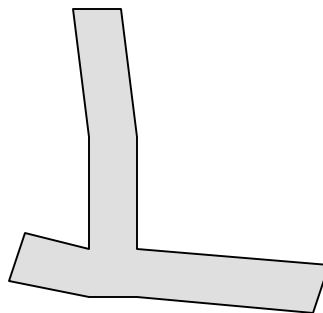


図2

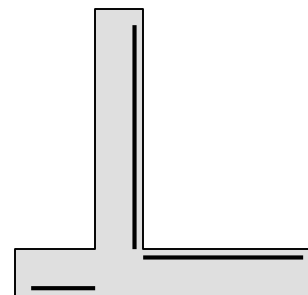


図3

照査の考え方

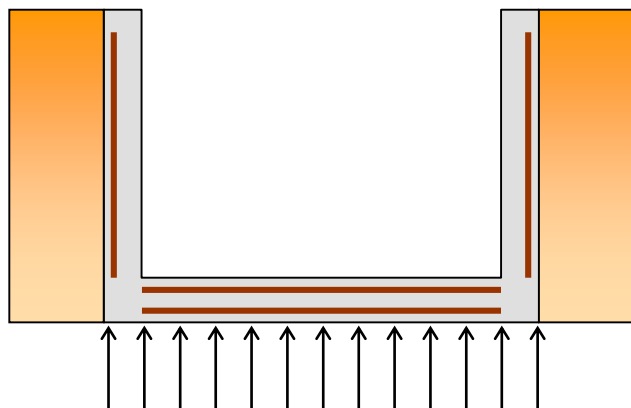
部材設計(概要②)

応力度の照査2

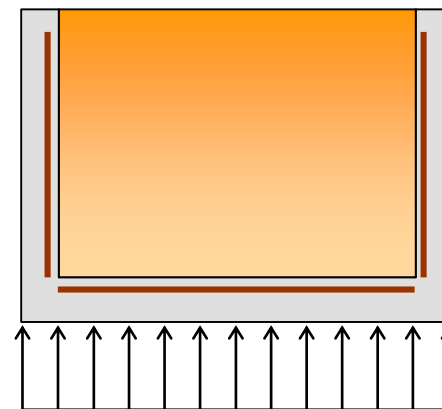
前述の逆T型では、引張側が変わるのは稀ですが、U型擁壁の場合は設置目的によって荷重状態が大きく変わるため、引張側を単純に決めることはできません。

U型擁壁に限ったことではありませんが、プログラム上は常に引張鉄筋を配置する必要がありますので、引張側が不明な場合は両側に配筋する必要があります。

側壁は外側引張、底版は両側引張



側壁は内側引張、底版は内側引張



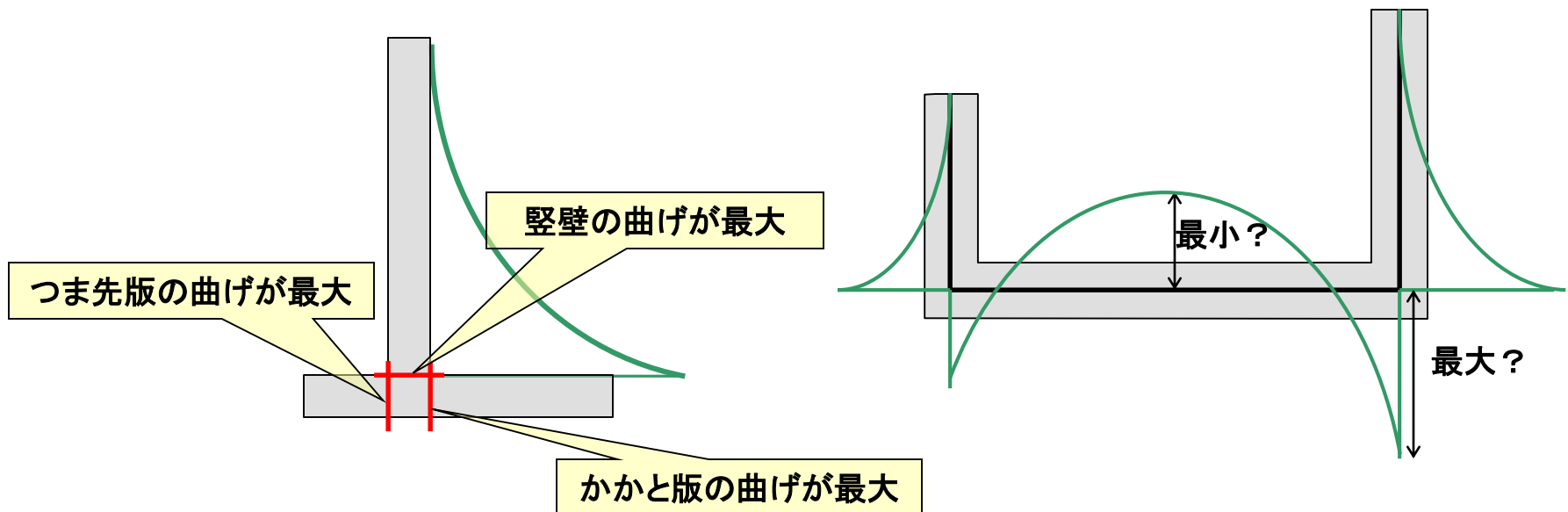
照査の考え方

部材設計(概要③)

照査位置

一般的な逆T擁壁の場合、縦壁、つま先版、かかと版とも付け根位置に最大モーメントが発生します。そのため、この位置での応力度照査は必須です。

一方、U型擁壁の場合、側壁は付け根位置で最大となりますが、底版の場合は最大位置を単純に決定することができません。そのため、本プログラムでは最大／最小の曲げ位置を自動的に検索し、照査を行なうことができます。

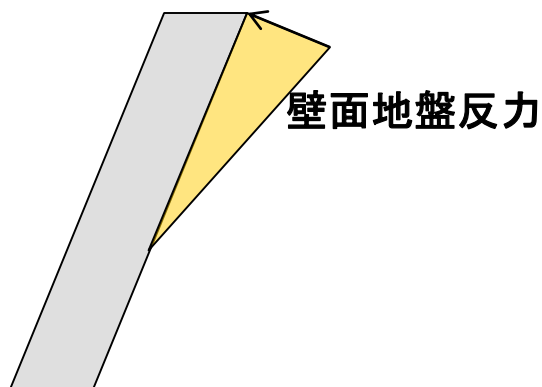
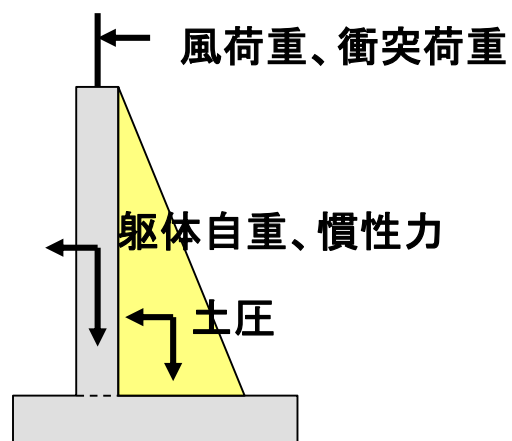


照査の考え方

部材設計(部材毎の照査)

縦壁設計

縦壁は、底版との結合部を固定端とする片持ち梁として設計します。



縦壁設計において考慮する荷重は、自重、慣性力、土圧、衝突荷重、風荷重、任意荷重となります。

土圧の鉛直成分や自重、任意鉛直荷重は通常無視しますが、本プログラムでは考慮の有無を指定可能です。

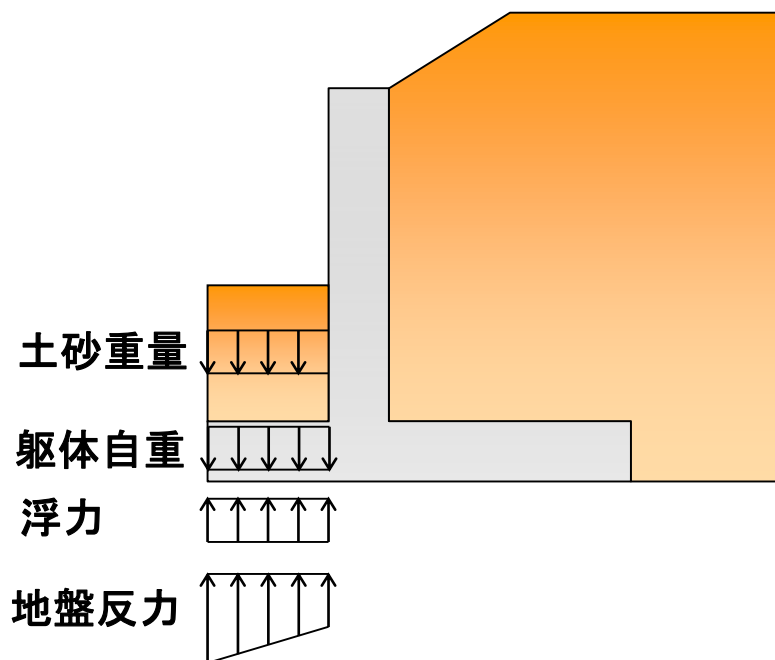
また、もたれ式擁壁やブロック積み擁壁では、壁面地盤反力を考慮することもできます。

照査の考え方

部材設計(部材毎の照査)

つま先版設計

つま先版は、堅壁との接合部を固定端とする片持ち梁とみなし、堅壁と同様に設計します。

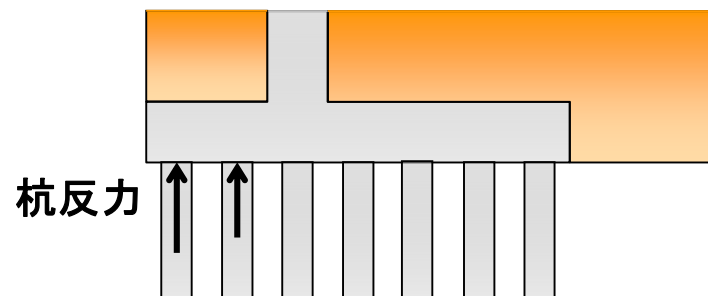


通常、以下の位置で断面照査します。

曲げ照査位置 : 付け根

せん断照査位置 : $H/2$ 、杭位置

任意位置で照査することも可能。



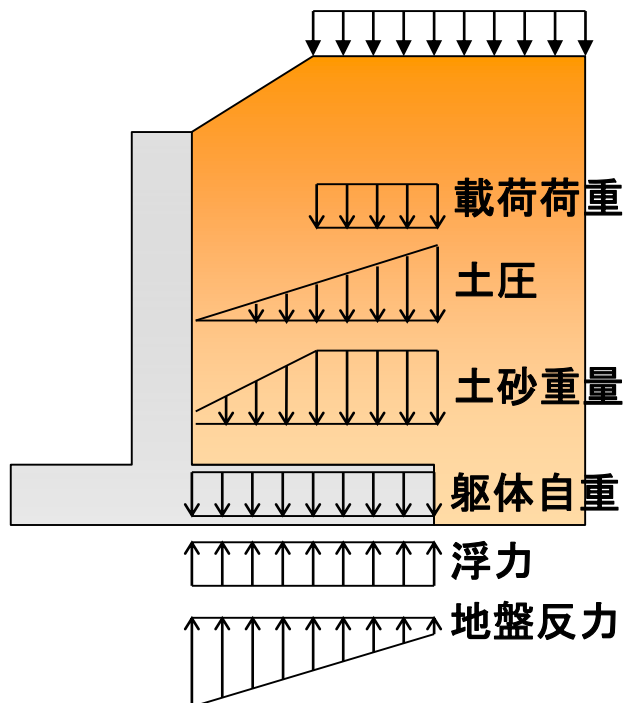
この他に任意荷重(鉛直、モーメント)も考慮することができます。

照査の考え方

部材設計(部材毎の照査)

かかと版設計1

かかと版は、堅壁との接合部を固定端とする片持ち梁とみなし、堅壁と同様に設計します。



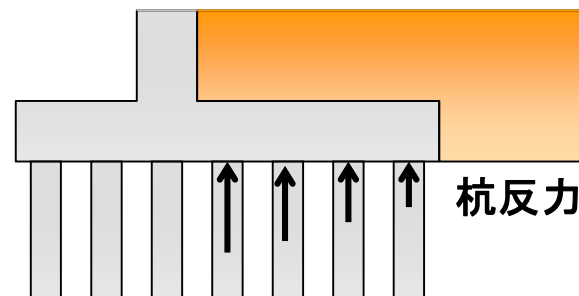
通常、以下の位置で断面照査します。

曲げ照査位置 : 付け根

せん断照査位置 : $H/2$ 、杭位置

任意位置で照査することも可能。

土圧の鉛直成分は、**等価な三角形分布に換算し、かかと全面に載荷**します。



この他に任意荷重(鉛直、モーメント)も考慮することができます。

「擁壁の設計・3D配筋」



これで2単元目「照査の考え方」の解説を終わります。