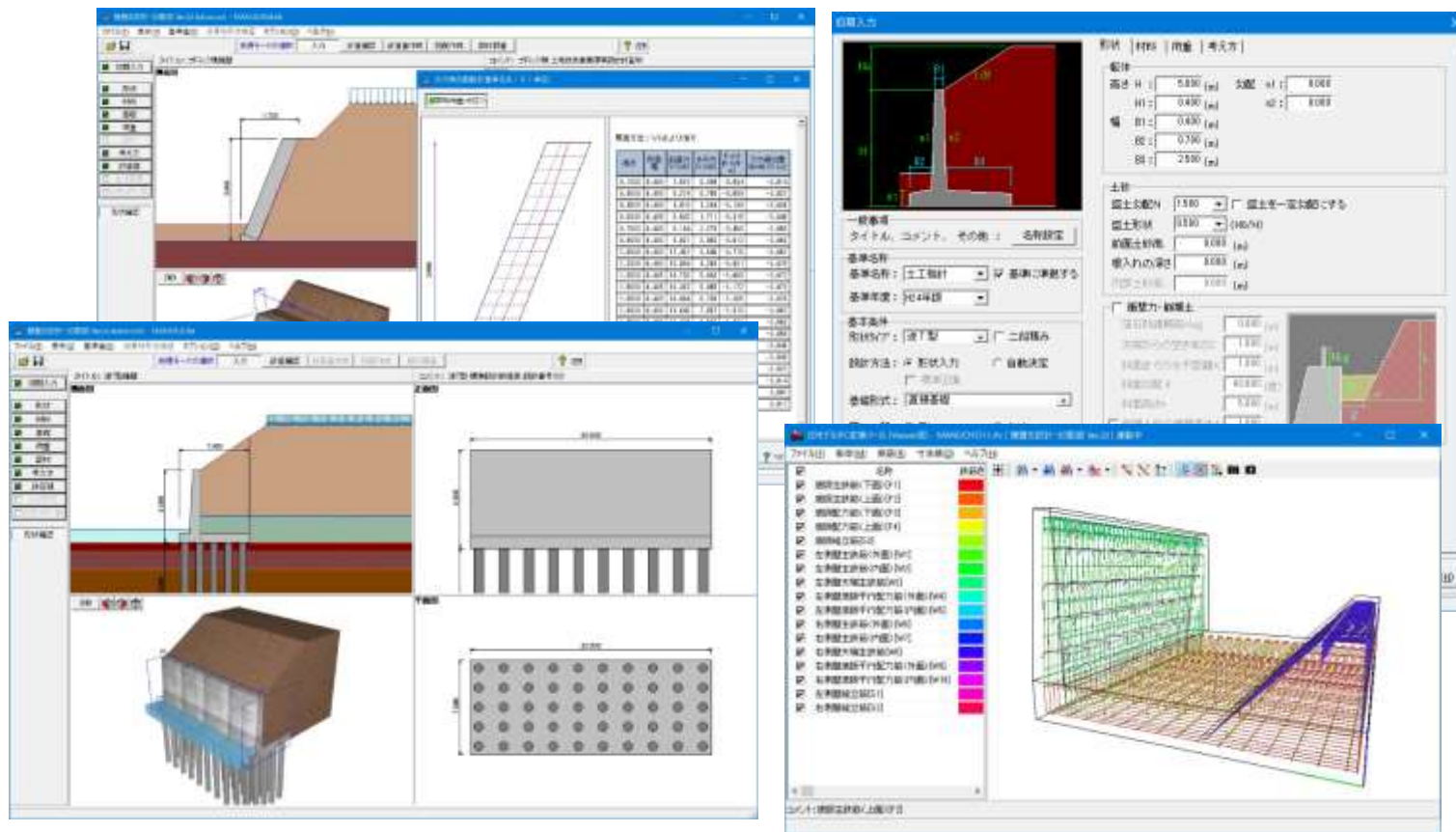


土工（擁壁）



2020年8月

スケジュール

9:30~10:00

概要

- ・擁壁とは、擁壁設計の流れ、構造形式

10:00~11:00

照査の考え方

- ・擁壁自体の安定性、部材の安全性の照査

11:10~15:10

(11:50~13:00昼食)

操作実習

- ・L型擁壁、逆T型擁壁
- ・実業務の流れに沿ったモデル化
- ・計算確認や計算書での結果評価方法

15:20~16:20

図面作成

- ・作図対象
- ・作図の考え方
- ・操作実習
- ・3D配筋ビューワの活用
- ・3D配筋CADの概要と機能

16:20~16:30

質疑応答

概要 I

擁壁の設計概要

擁壁とは

通常の土の斜面では安定を保ちえない箇所において土砂の崩壊を防ぎ、道路の交通機能を維持するために設ける構造物です。



控え壁式擁壁は、施工方法が難しい。
「控え壁式擁壁の設計計算」

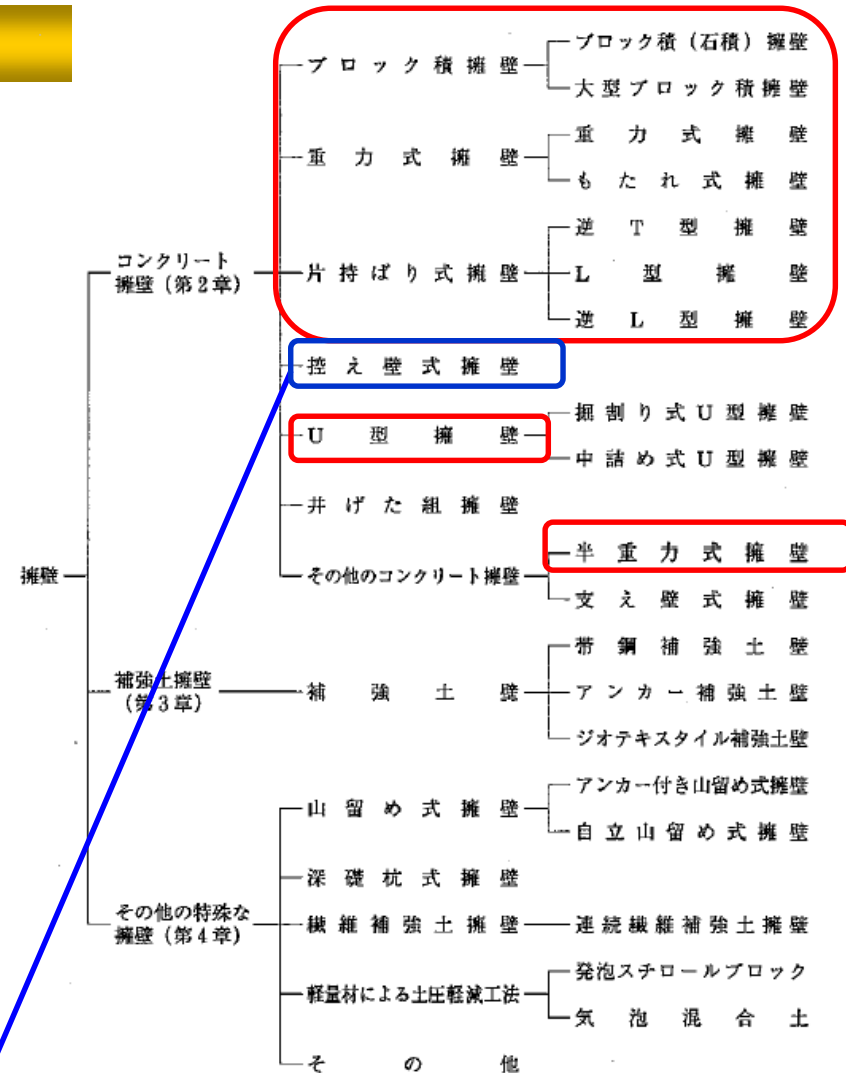


図 1-1 擁壁の分類

擁壁の設計概要

基準類

土工指針	(社)日本道路協会、道路土工 擁壁工指針(平成24年)
道路橋示方書	(社)日本道路協会、道路橋示方書・同解説(平成24年, 平成14年)
設計要領	東・中・西日本高速道路、設計要領 第2集 一擁壁編一(平成28年)
標準設計	(社)全日本建設技術協会、土木構造物標準設計 第2巻 解説書(擁壁類)(平成12年)
土地改良	農業土木学会、土地改良事業計画設計基準設計「農道」基準書・技術書(平成17年) 農林水産省農村振興局整備部設計課、土地改良事業計画設計基準及び 運用・解説 設計「水路工」基準・基準の運用・基準及び運用の解説(平成26年)
宅地防災	ぎょうせい、宅地防災マニュアルの解説 第二次改訂版(平成19年)
鉄道基準	鉄道総合技術研究所、鉄道構造物等設計標準・同解説(平成24年)
自治体基準	東京都、横浜市、名古屋市、京都市、川崎市、広島市、札幌市、神戸市

擁壁の設計概要

BIM/CIMの概念

BIM/CIM

(Building/Construction Information Modeling, Management)とは、

3次元モデル
+
属性情報, 参照情報

- (1) BIM/CIM モデル を構築
- (2) モデルに内包される情報を管理・活用

3次元モデル	コンピュータ上に作成した3次元の形状情報
属性情報	構造物及び構造物を構成する部材等の名称、形状、寸法、物性及び物性値(強度等)、数量、そのほか付与が可能な情報
参照情報	形状情報や属性情報を補足する資料

擁壁の設計概要

3DAモデル対応

3DA モデル (3D Annotated Model)とは、

3次元CADを用いて作成した
3次元の形状モデルに、下記等が
追加された**デジタル情報の総称が
3DA モデル**と呼ばれる。

- ・構造特性(寸法・注記、数量等)
- ・モデル管理情報(モデル名、
業務名／工事名、施設名、
作成年月日など)
- ・2次元図面

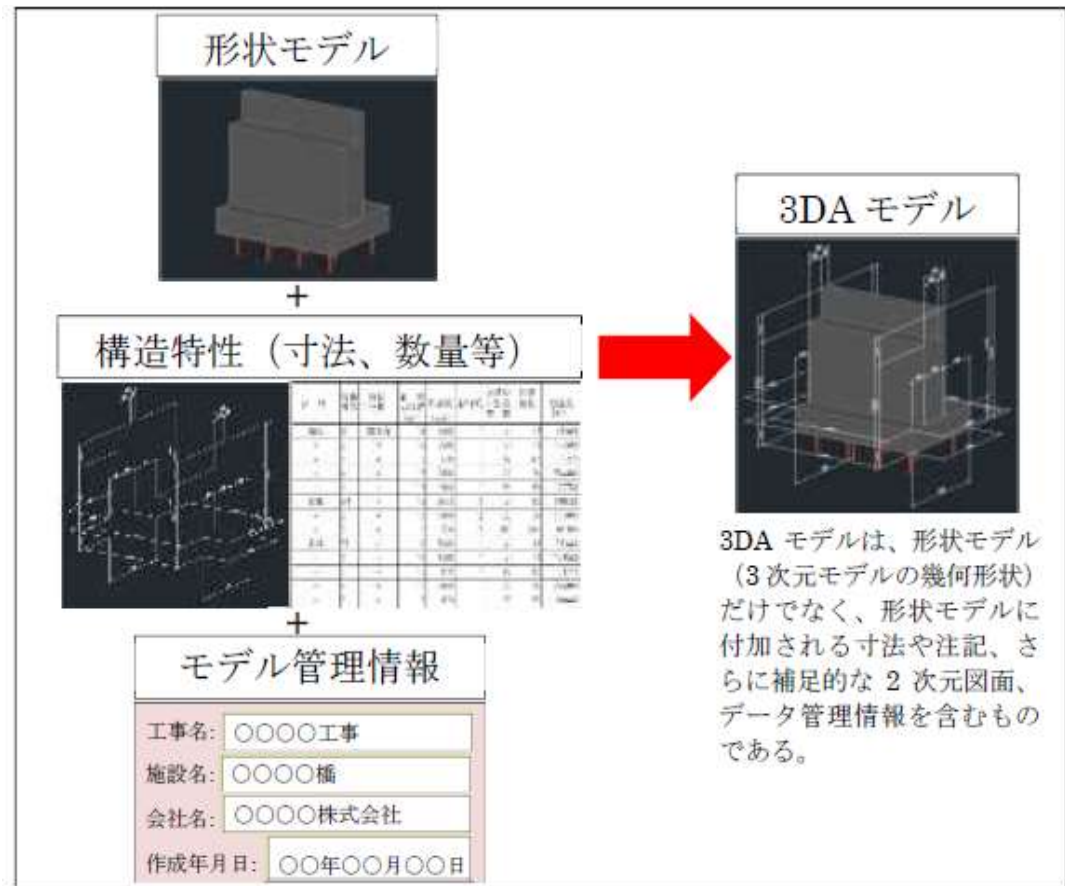


図 1-2 3DA モデルの構成

擁壁の設計概要

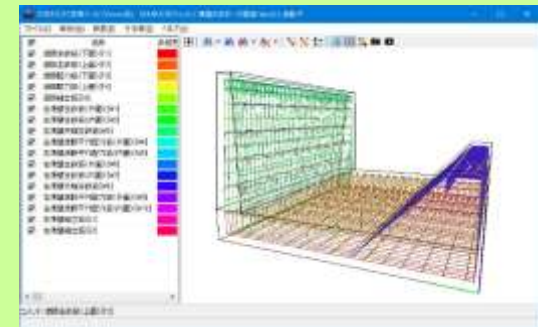
IFCデータ対応

IFC (Industry Foundation Classes)とは、
buildingSMART International (bSI) が策定した 3 次元モデルデータ形式
IFC4 が ISO 16739:2013 として、国際標準として承認されている

当初は、建築分野でのデータ交換を対象にしていたが、2013 年より土木分野を対象にした検討が進められている。

平成 29 年度からの CIM 活用業務及び CIM 活用工事では、IFC を採用している。




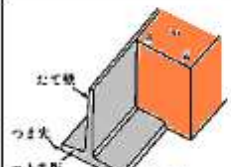
「土木 IFC 対応ソフトウェア確認要件(案)」
(令和元年5月 国土交通省 大臣官房技術調査課)
で定められたIFCデータの表示や作成に対応。

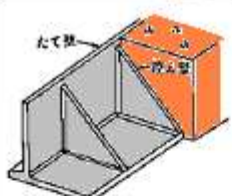


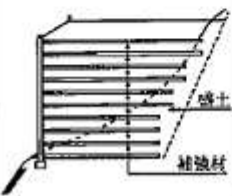


擁壁の設計概要

構造形式一覧表

構造形式は、擁壁の適用高さ、特徴、使用上の留意点などから以下を目安に選定します。

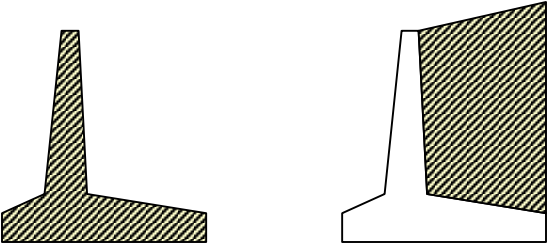
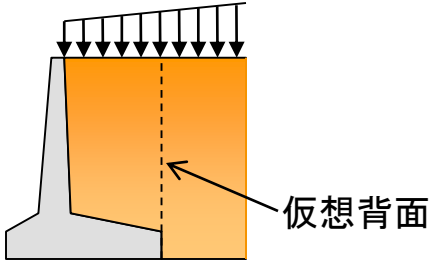
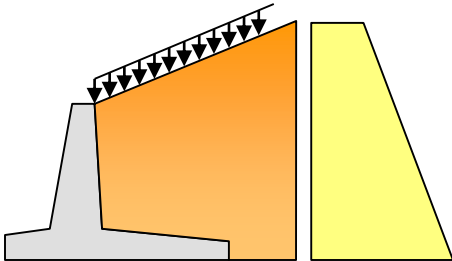
種 類	形 状	一般的な適用高さ	特 徴	採用上の留意点
ブロック積 (石積) 擁壁		・7m以下 (直高により勾配や裏込厚など変わる) ・大型ブロック積の場合は15m程度まで可能なものもある。	・のり面下部の小規模な崩壊の防止。のり面の保護に用いる。 ・背面の地山が締まっている場合や背面土が良好であるなど土圧が小さい場合に用いる。 ・構造として比較的安全性に劣る。	
重力式擁壁		・5m程度以下	・自重によって水平荷重を支持し、根体断面には引張応力が生じないような断面とすることを原則とする。 ・底板反力が大きいので支持地盤が良好な箇所に用いる。 ・杭基礎となる場合は適していない。	
もたれ式擁壁		・10m以下が多い。 ・15m程度まで用いられた例がある。	・地山あるいは裏込め土などに支えられながら自重によって土圧に抵抗する。 ・支持地盤は岩盤などの堅固なものが望ましい。	
片持ばり式擁壁 (差T型、L型、逆L型)		・3～10m程度	・水平荷重に対し、たて壁が片持ばりとして抵抗する。 ・かかと版上の土の重量を擁壁の安定に利用できる。 ・杭基礎が必要な場合にも用いられる。 ・プレキャスト製品も多くある。	

種 類	形 状	一般的な適用高さ	特 徴	採用上の留意点
逆L型式擁壁		・10m程度以上	・たて壁および底板は控え壁で支持されるものと考え、片持ばり式擁壁に比べ、高さが高くなる場合に有利である。	・躯体の施工および背面土の施工が難しい。 ・杭基礎が必要な場合にも用いられる。
U型擁壁		—	・側壁と底板が一体となっており、掘削道路などに用いられる。 ・側壁間にストラットを設ける場合がある。	・地下水位以下に適用する場合が多く、水圧の影響を考慮したり浮上りに対する安定を検討する必要がある。
井げた組擁壁		・15m程度以下	・プレキャストコンクリートなどの部材を井げた状に組み中詰め材を充填するもので、透水性に優れる。 ・部材および中詰め材の重量により水平荷重に抵抗する。	・もたれ式擁壁に準じた設計を行う。
補強土擁壁		・3m～18m程度	・補強材と土の摩擦やアンカープレートとの支圧によって土を補強して壁体を形成するもので、さまざまな工法がある。	・補強効果を発揮するためある程度の変形が生じる。 ・比較的軟弱な地盤においても直接基礎とすることができ金体安定などに対し十分な検討が必要である。
その他の擁壁	地形・地質・土質、施工条件、周辺環境その他、各種の制約条件などに応じて適宜採用される。			

荷重

考慮できる荷重①

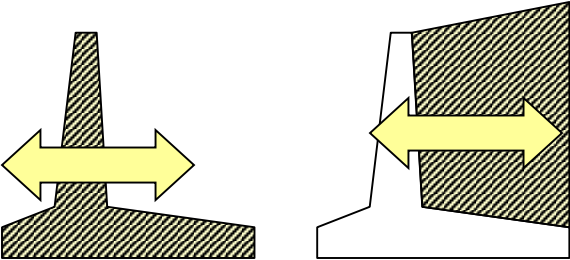
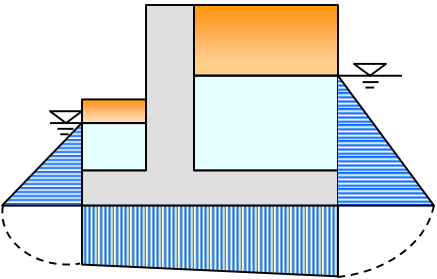
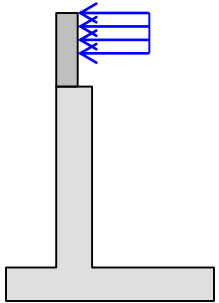
擁壁の設計では、下記の荷重を考慮することができます。

タイプ	概念図	概要
自重		躯体重量 つま先版上土砂重量 かかと版上土砂重量
載荷荷重		かかと版上の活荷重、死荷重(宅地, 群衆, 雪等) 逆T型、L型擁壁のように、かかと版を有している形状では、 安定照査, かかと版断面照査時に、仮想背面より前方に 作用している地表面載荷荷重を鉛直力として考慮。
土圧		クーロン、物部・岡部 試行くさび法、 テルツァギーベック 任意土圧(土圧強度、土圧合力、土圧係数)

荷重

考慮できる荷重②

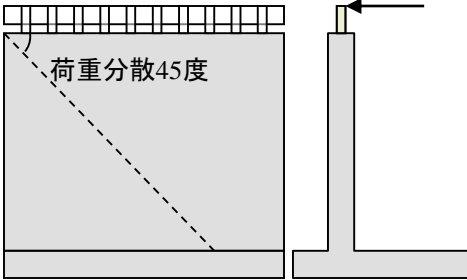
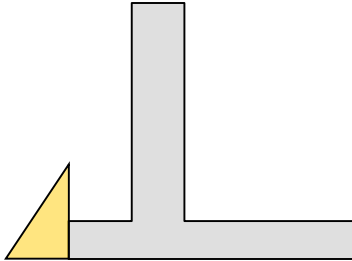
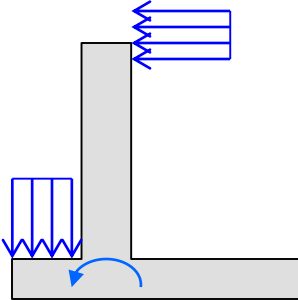
また、下記の荷重も考慮できます。

タイプ	概念図	概要
地震時慣性力		中規模地震、大規模地震の同時計算可能
水圧、浮力		静水圧、浮力3タイプ・揚圧力
風荷重		遮音壁等に作用する風荷重 ※遮音壁の設置は不可

荷重

考慮できる荷重③

その他として、下記の荷重も考慮できます。

タイプ	概念図	概要
衝突荷重		1ブロック全体で受け持つ荷重
受働土圧		滑動抵抗力としての土圧 (滑動照査にのみ考慮)
任意荷重		プログラムで用意していない荷重を直接入力 (集中荷重、分布荷重、モーメント荷重)

荷重

主働土圧

擁壁の設計では、主に以下の土圧式により土圧を計算することができます。

土圧式	土砂形状	概要
クーロン式 物部・岡部式 修正物部・岡部式	一定勾配 (水平、傾斜)	公式で算出された土圧係数により算出する
試行くさび法 改良試行くさび法	任意の形状	滑り面を変化させて最大土圧力を試行計算により求める
試行くさび法(係数) テルツァグギーペック	一定勾配	基準類の土圧係数図表の係数により算出する ※擁壁工指針H24年版では削除
任意土圧	—	土圧合力:土圧合力が既知の時 土圧強度:土圧強度が既知の時 土圧係数:発注者に土圧係数が指示された 多層等で土圧係数が層毎に変化

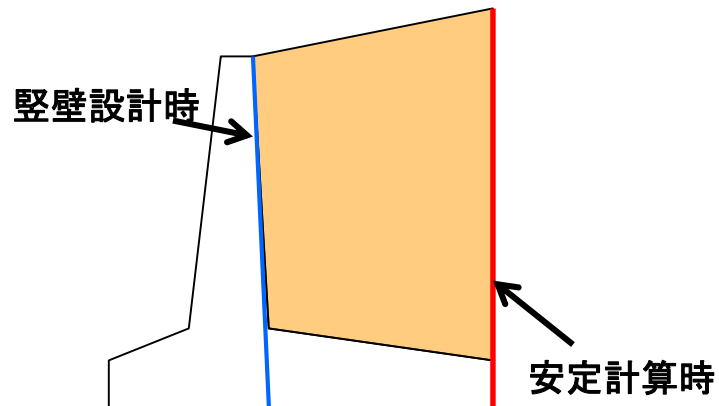
擁壁工では、原則としてクーロン系の土圧算定手法である試行くさび法を用いている。

荷重

主働土圧－土圧作用面①

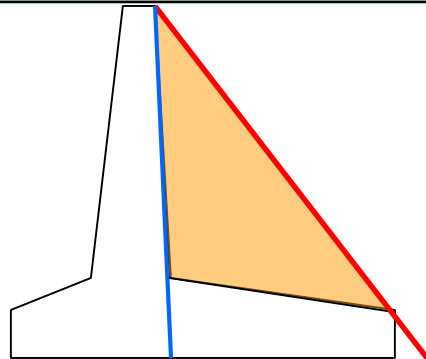
本プログラムにおける安定計算時の土圧作用面は、以下のように仮想背面をかかと端とするか、実背面とするかで定義のしかたが異なります。

①かかと端－鉛直（土－土）



- ・かかとを通る鉛直面の仮想背面下端から地表面まで。
- ・安定計算時、かかと版設計時の土圧作用面は常に鉛直。
- ・堅壁設計時の角度は指定可能。

②かかと端－傾斜（土－土）



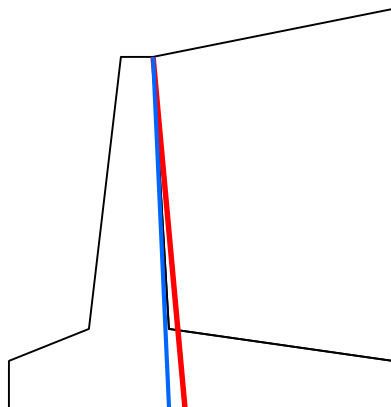
- ・堅壁天端とかかと端を結んだ範囲の土砂が躯体と一体に挙動する。
- ・堅壁天端からの角度を指定可能。
- ・主に宅地造成基準や建築基準で採用。
- ・土工指針H24(p98)で言及されているが使用されていない。

安定計算時は、着色部分の土砂重量を考慮します

荷重

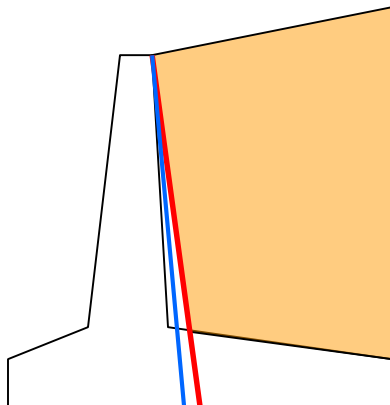
主働土圧－土圧作用面②

① 堅壁背面(土－コンクリート)



- ・ 堅壁天端から指定の角度で傾斜しているとします。
- ・ 土砂重量を考慮しません。
- ・ **土工指針等に記載の一般的な考え方**です。

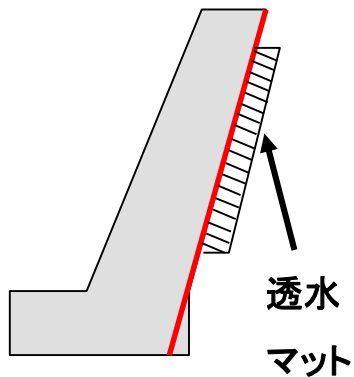
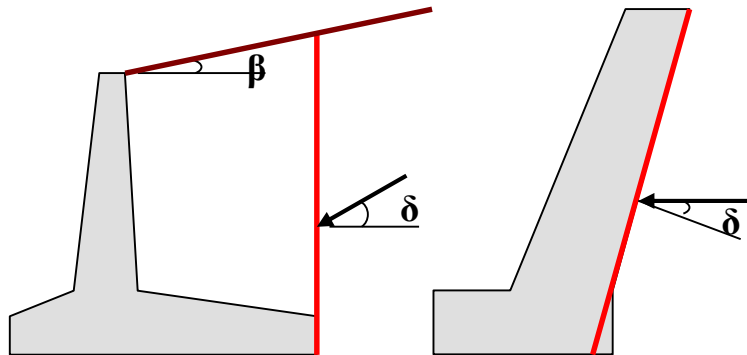
② 実背面(土－コンクリート)



- ・ 堅壁天端から指定の角度で傾斜しているとします。
- ・ 着色部分の土砂重量を考慮します。
- ・ 主に**宅地造成基準や建築基準で採用**されています。

荷重

主働土圧－壁面摩擦角

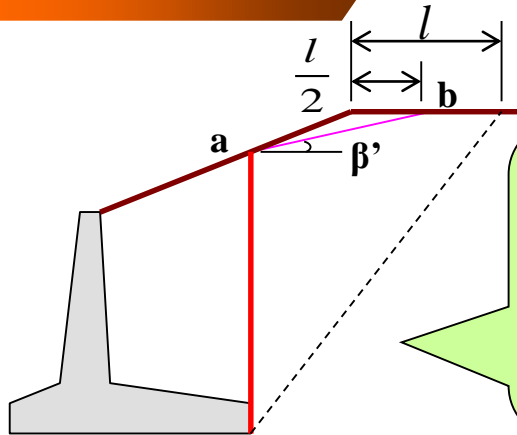


構造物	摩擦角の種類	壁面摩擦角	
		常時 δ	地震時 δ_E
擁壁 農道橋台(小規模) (土工指針)	土と土	β, β'	式より (注1)
	土とコンクリート	$2\phi/3$ (注2)	$\phi/2$
一般橋台 農道橋台(中規模) (道示IV)	土と土	ϕ	$\phi/2$
	土とコンクリート	$\phi/3$	0
(注1) $\tan \delta = \frac{\sin \phi \cdot \sin(\theta + \Delta - \beta)}{1 - \sin \phi \cdot \cos(\theta + \Delta - \beta)}$ $\sin \Delta = \frac{\sin(\beta + \theta)}{\sin \phi}$			
(注2) 透水マット使用時は $\phi/2$			

荷重

仮想のり傾斜角 β' の考え方

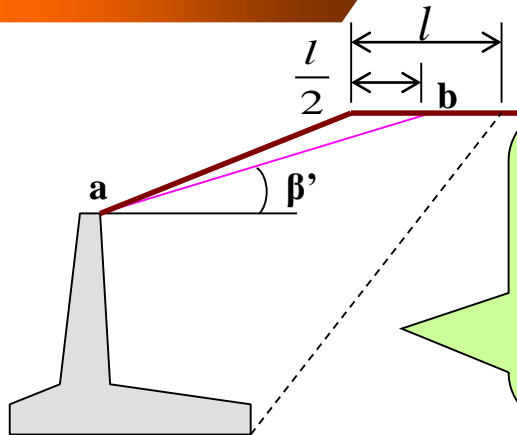
土工指針H11年版



a点：仮想背面（赤線）と地表面（茶線）の交点
b点：のり肩～滑り線（点線）と地表面の交点までの距離を二分する点

a, b 点を結ぶ直線と水平面のなす角度を β とする

土工指針H24年版



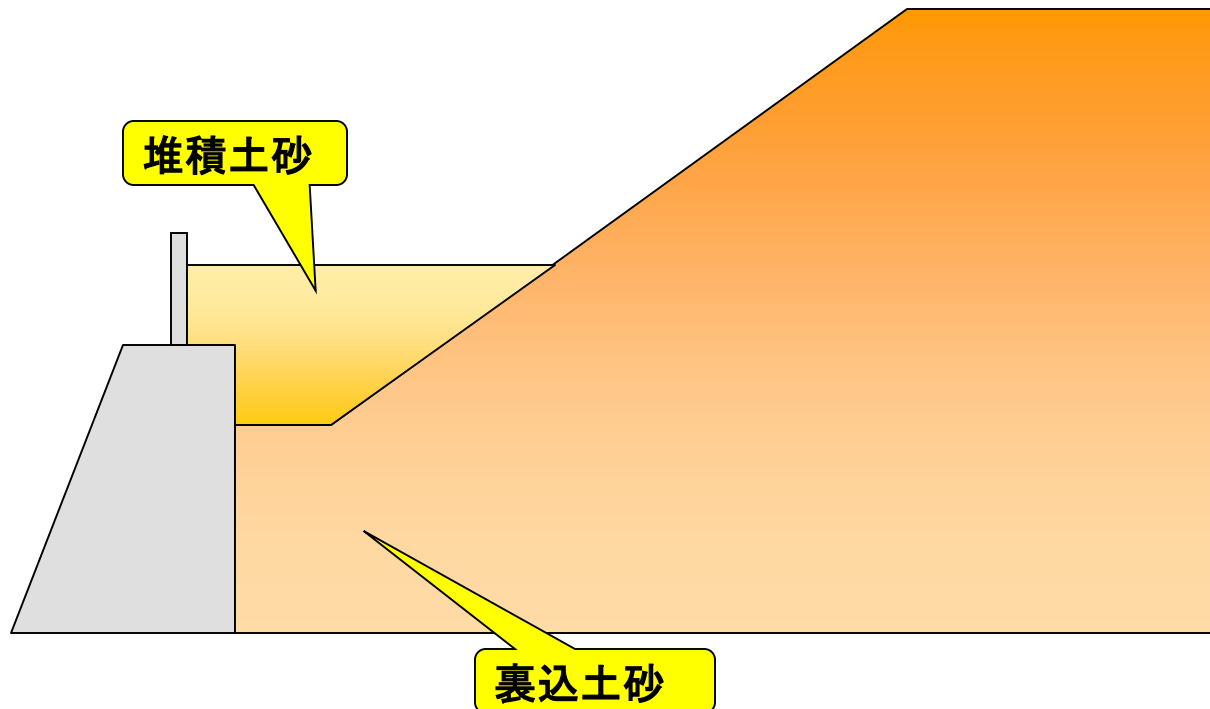
a点：たて壁天端の背面
b点：のり肩～滑り線（点線）と地表面の交点までの距離を二分する点

a, b 点を結ぶ直線と水平面のなす角度を β とする

荷重

主働土圧－崩壊土砂による土圧①

崩壊土砂の先頭部が擁壁に衝撃力として作用した後、後続流による崩壊土石が落石防護柵を含めた擁壁背後の空間に堆積するとして、この場合の堆積土砂の土圧を外力として考慮します。



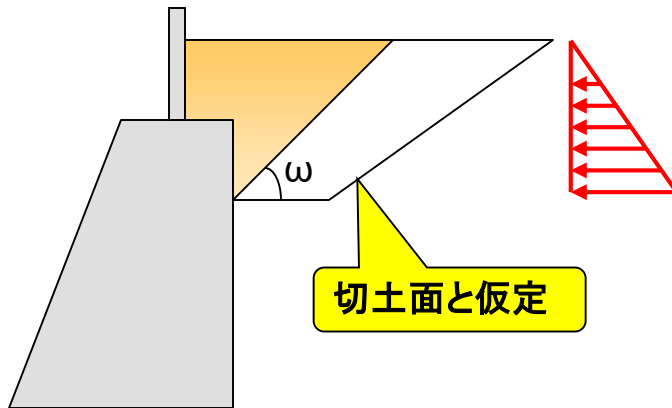
崩壊土砂、裏込土砂の土質定数が異なるため、個々に土圧を算出します。

注) 待受式擁壁検討時に考慮する。

荷重

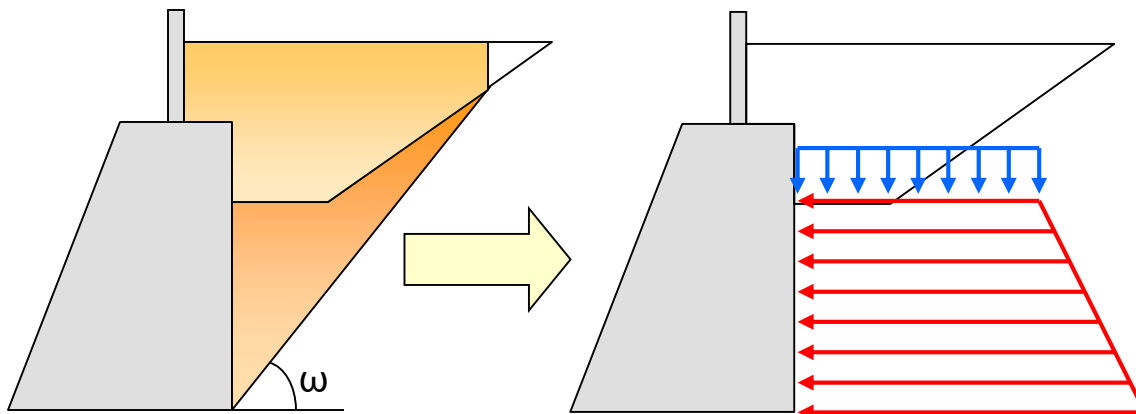
主働土圧－崩壊土砂による土圧②

堆積土圧



急斜面を切土面と仮定して、
試行くさび法により土圧を算出します。

裏込土圧



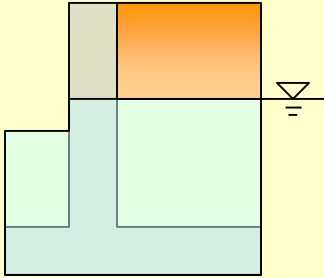
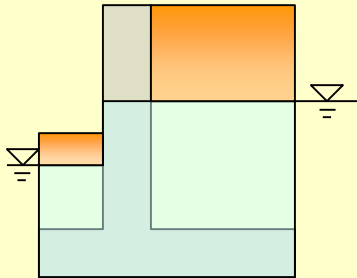
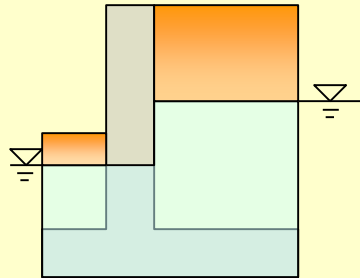
堆積土砂を上載荷重と同様に考慮
します。
これにより算出された土圧をそのま
ま裏込め土の土圧とします。

荷重

浮力①

浮力は、水位以下の躯体体積には水の単位体積重量を乗じて、
水位以下の土については土の有効重量算出用の水の単位重量（土砂用）を用いて算出します。

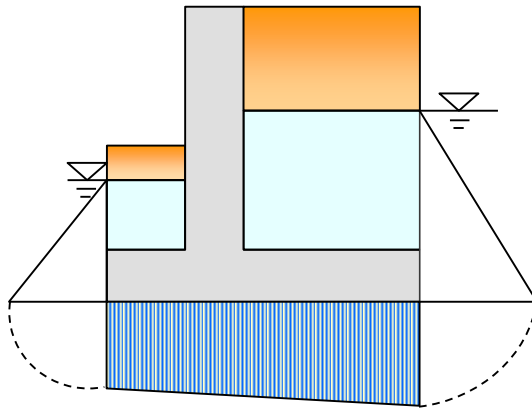
水位以下の体積を求める方法として、以下の3パターンの考え方から選択することができます。

全て背面水位	豎壁前面まで前面水位	豎壁背面まで前面水位
		

荷重

浮力②(揚圧力)

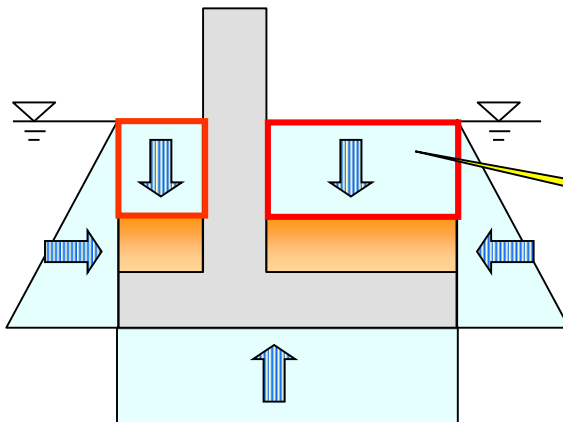
つま先には前面水位から算定した水圧と等価な鉛直力、かかとには背面水位から算定した水圧と等価な鉛直力が作用し、その間は直線変化するとして次式により浮力(揚圧力)を考慮します。



$$U = \frac{1}{2} (hf + hr) \cdot \gamma_w \cdot B$$

U	: 浮力 (揚圧力) (kN)
hf	: 前面水位 (m)
hr	: 背面水位 (m)
γ_w	: 水の単位体積重量
B	: 底版の幅 (m)

浮力は、鉛直方向の水圧が作用すると考えるため、土砂高さく水位のように躯体上に水だけの部分が存在する場合は水圧鉛直成分を考慮します

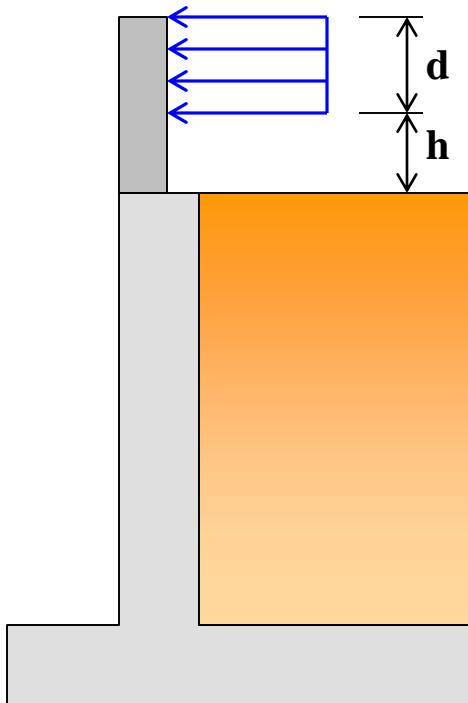


土砂より上に水があるので
水圧鉛直成分を考慮する

荷重

風荷重

遮音壁に作用する風荷重による水平力を考慮します。



$$P = p \cdot d$$

P	: 風荷重 (kN)
p	: 単位面積当たりの風荷重
d	: 有効高さ (m)

土工指針P60に従い、風荷重を初期設定することもできます。

$$p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U_d^2 \cdot C_d \cdot G$$

p	: 単位面積当たりの風荷重
ρ	: 空気密度
U_d	: 設計基準風速
C_d	: 抗力係数
G	: ガスト応答係数

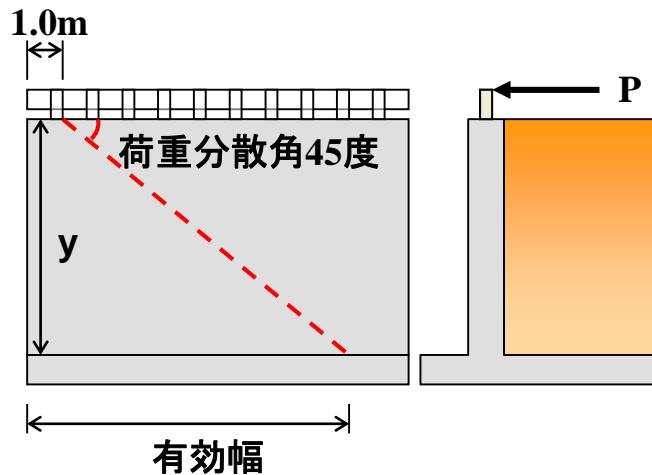
安定計算、堅壁設計毎に
考慮有無を指定できます。

荷重

衝突荷重

防護柵に作用する衝突荷重による水平力を考慮します。

たわみ性防護柵



安定計算時

衝突荷重を1ブロックで受け持つものとして算出します。

$$Pu = \frac{p}{L}$$

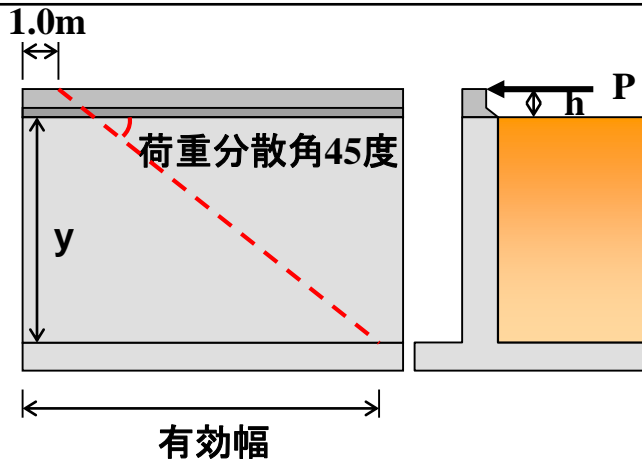
堅壁設計時

たわみ性防護柵(土工指針H11では支柱式防護柵)

擁壁端部から λ の位置(通常1m)に作用する衝突荷重が 45° の角度で荷重分散するとして、有効幅を考慮。

$$Pu = \frac{p}{\lambda + y}$$

剛性防護柵



剛性防護柵

擁壁端部から λ の位置(通常1m)に作用する衝突荷重が 45° の角度で荷重分散するとして有効幅を考慮。

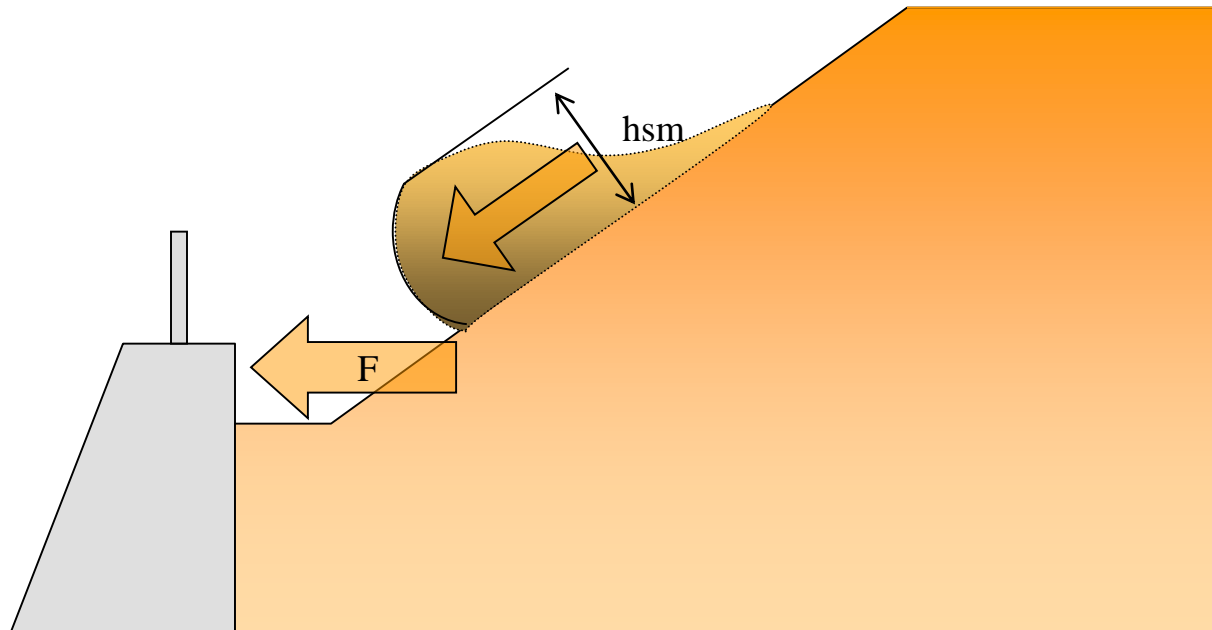
$$Pu = \frac{p}{\lambda + h + y}$$

- P_u : 擁壁の天端から y の位置の衝突荷重
- p : 1ブロック当たりの衝突荷重
- L : ブロック長
- λ : 載荷幅(通常1.0m)
- h : 防護柵の高さ(m)
- y : 擁壁堅壁の高さ(m)

荷重

崩壊土砂による衝撃力

崩壊土砂の先頭部が擁壁に衝撃力として作用するものとして考慮します。



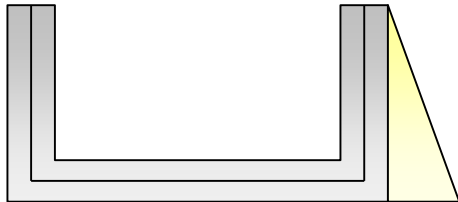
衝撃力作用時の荷重ケースでは、その作用時間が短時間であると想定されますので、崩壊土砂による土圧は考慮しなくてもよいとされています。

注) 待受式擁壁検討時に考慮する。

荷重

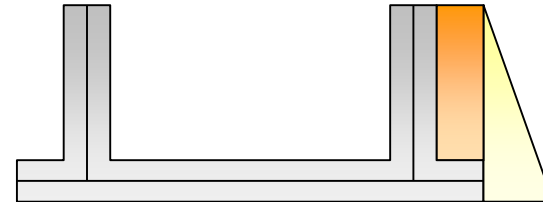
U型擁壁の荷重①

側壁設計モデル

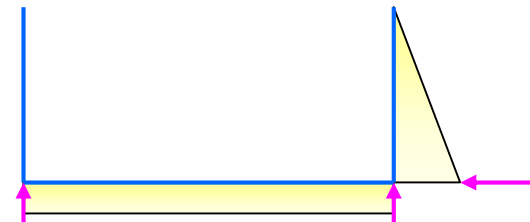
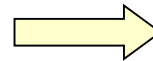
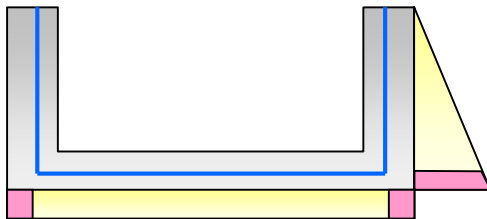


土圧は常に土ーコンクリート
土砂重量を考慮しない。

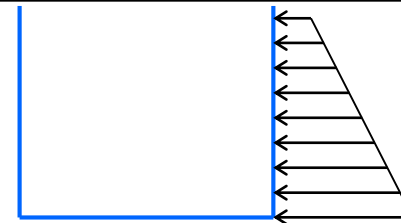
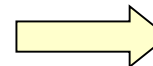
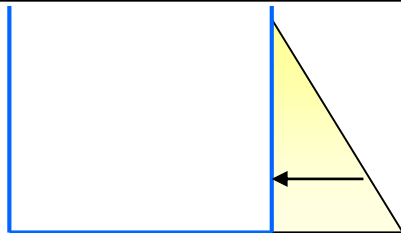
底板設計モデル



土圧は土ー土、土ーコンクリートから選択可能。
土ー土の場合は、土砂重量を考慮する。



軸線外荷重は、端部に集中荷重として考慮。



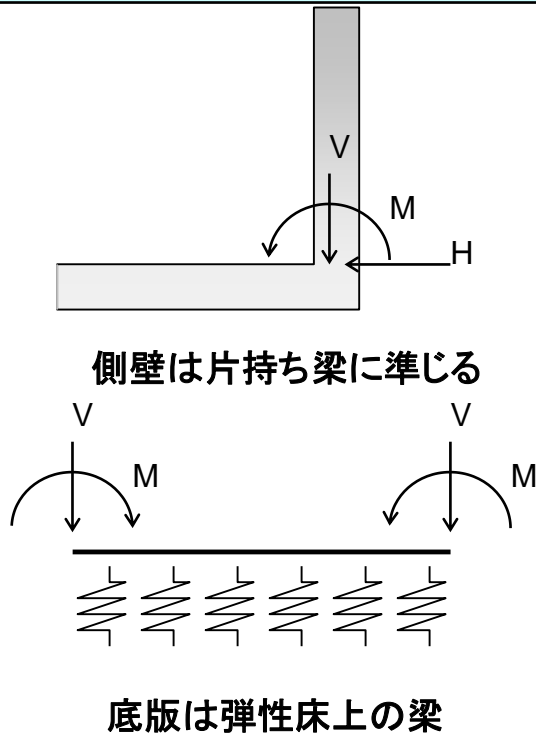
試行くさび法は土圧合力で与えられる

土圧分布を考慮して土圧強度に変換

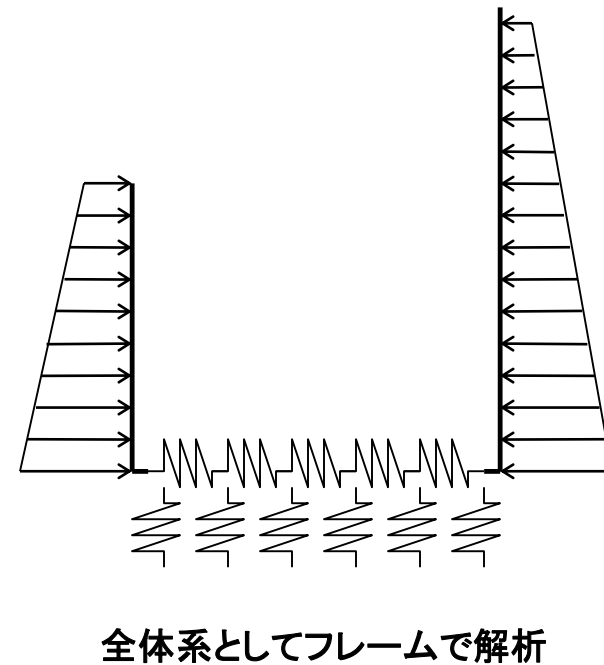
荷重

U型擁壁の荷重②

側壁片持ち梁



底版一体



照査の方法は異なりますが、フレームモデルで解析を行なった場合でも、側壁については片持ち梁と同様の結果となり、底版につきましても両端に側壁からの荷重が伝達しますので、同じ結果となります。

「擁壁の設計・3D配筋」



これで1単元目「概要」の解説を終わります。