

落石防護擁壁・落石防護柵の設計 「Rockwall」

マニュアル

ver 1.10

目 次

1. 概 要.....	3
1-1. ソフトの概要	3
1-2. 動作条件	3
1-3. 対応構造物.....	3
1-4. 対応ケース.....	4
1-5. 本ツールの特長	5
2. 操作方法	6
2-1. 基本的な操作の流れ	6
2-2. 計算書名の入力	7
2-3. 基本事項の入力	8
2-4. 擁壁形状の入力	9
2-5. 防護柵条件の入力	10
1) 防護柵条件.....	10
2) 材料データ編集.....	11
2-6. 落石条件の入力	13
2-7. 背面土条件の入力	14
2-8. 地盤条件の入力	15
2-9. 計算条件の設定	16
3. 計算結果一覧表について	17
3-1. 計算直後に表示される計算結果一覧表(画面表示用).....	17
1) 画面の説明.....	17
2) 計算ログの説明	19
3-2. ワークシート上の計算結果一覧表(印刷用)	20
4. 計算理論	21
4-1. 土圧計算	21
4-1-1. 盛土部擁壁の主働土圧	21
1) 常時の土圧算定式(地震時以外の土圧算定式).....	21
2) 地震時の土圧算定式.....	22
4-1-2. 切土部擁壁の主働土圧	24
1) 切土部擁壁に作用する土圧の考え方	24
2) 切土部擁壁としての土圧①.....	25
a) 常時の土圧算定式(地震時以外の土圧算定式).....	25
b) 地震時の土圧算定式	26
3) 切土部擁壁としての土圧②.....	27
a) 常時の土圧算定式(地震時以外の土圧算定式).....	27
b) 地震時の土圧算定式	28
4) 切土部擁壁としての土圧② の土くさび重量(W_{s1} 、 W_{s2})算定式の根拠	30
a) Z の算定式	30
b) W_{s1} の算定式.....	30
c) W_{s2} の算定式.....	30
4-2. 許容支持力の計算	31
4-2-1. 許容支持力の算定法.....	31
4-2-2. 支持力係数について	34
4-3. 落石時の計算について	35

1. 概 要

1-1. ソフトの概要

「Rockwall」は、「落石対策便覧」(H12.06 版)等の基準に基づき、落石防護擁壁及び落石防護柵の安定検討(構造計算)を行うツールです。

本ツールは、落石防護擁壁及び防護柵の設計に必要な機能は勿論、図形描画を多用して極力判り易くグラフィカルな計算書となっています。道路防災業務や急傾斜地崩壊防止施設設計に大変便利な実用ツールです。

本ツールの適用基準及び参考文献は以下の通りです。

○適用基準

- ・「落石対策便覧」(H12.06) 日本道路協会
- ・「道路土工 擁壁工指針」(H11.03) 日本道路協会
- ・「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」(H14 版) 日本道路協会

○参考文献

- ・「落石対策工設計マニュアル」(H14.05) 理工図書

なお、ユーザー登録(パスワード購入)までは一部のデータ(擁壁高と柵高)の変更が出来ないなど機能制限がありますが、本ツールの殆どの機能を使用することが可能です。

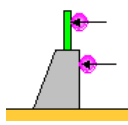
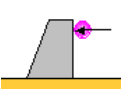
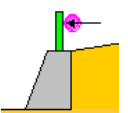
1-2. 動作条件

オペレーティングシステム(OS)	Windows XP、Vista、7、8、10 以降
必要ソフト	MS-Excel2000 以降
ハードウェア	Pentium III 800MHz 以上
ディスプレイ	17inch 以上、画面解像度 1,024×768 ドット以上
メモリ	256MB 以上

1-3. 対応構造物

本ツールでは、擁壁と防護柵を一連の構造物として扱います。防護柵の設置状態によって下記種類の構造種別の計算に対応しています。

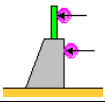
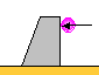
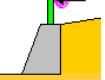
対応構造物

種別	略図	説明
落石防護柵(柵併用)		落石防護柵を設置した落石防護擁壁の安定照査を行います。柵と擁壁双方への落石衝突を想定した安定検討を行うことができます
落石防護柵(壁単独)		柵を設置しない落石防護擁壁の安定照査を行います。擁壁への落石衝突を想定した安定検討を行うことができます。
落石防護柵基礎		落石防護柵と柵基礎の安定照査を行います。柵への落石衝突を想定した安定検討を行うことができます。(壁への衝突検討は対象外です)

1-4. 対応ケース

本ツールで計算可能な検討ケースは、下表の通りです。表内の「-」は、計算が不要なケースです。

対応ケース一覧表

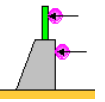
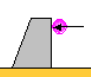
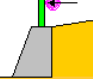
種別	略図	対応ケース				
		常時	堆積時	地震時	落石時① (柵への衝突)	落石時② (壁への衝突)
落石防護擁壁(柵併用)		○	○	○	○	○
落石防護擁壁(壁単独)		○	○	○	-	○
落石防護柵基礎		○	-	○	○	-

※落石防護柵基礎は、土中に埋め込む柵基礎を想定しています

○…計算可能、- …計算不要

本ツールでは、土圧を考慮することが可能です。ただし、構造物の状態によって土圧計算が不要な場合や必須となる場合があります。下表は土圧計算と構造物の関係についてまとめたものです。

土圧を考慮できるケース

種別	略図	土圧対応ケース				
		常時	堆積時	地震時	落石時① (柵への衝突)	落石時② (壁への衝突)
落石防護擁壁(柵併用)		△	○	△	△	-
落石防護擁壁(壁単独)		△	○	△	△	-
落石防護柵基礎		△	-	△	△	-

○…土圧計算必須、△…土圧計算/非計算の選択可、- …土圧計算しない

1-5. 本ツールの特長

本ツールの特長は以下の通りです。

特長	概要
切土部擁壁、盛土部擁壁双方に対応	<p>落石防護擁壁は、地山に接近して設置される場合が多い構造物です。擁壁の背後に、裏込土とは異質の境界面が接近している擁壁を切土部擁壁と呼び、地山の影響を考慮した土圧計算を行う必要があります。本ツールでは、「擁壁工指針」P66～68に記述されている方法に準じて切土部の主働土圧を算定しています。</p> <p style="text-align: center;">盛土部擁壁 切土部擁壁</p>
岩着時などの際の下端部の土圧無視に対応	<p>基礎地盤が岩盤などの場合には、その部分の主働土圧を無視することができます。</p> <p style="text-align: center;">通常の盛土部擁壁 土圧を一部考慮しないケース</p>
許容支持力の算定に対応	<p>地盤の許容支持力を直接入力するほかに計算で求めることができます。許容支持力の算定は、「道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編」10.3に基づいており、基礎地盤の土質定数から求めた極限支持力を安全率で除して求めます。</p>
図形描画を多用した判り易い結果一覧表	<p>計算結果は、落石防護擁壁、落石防護柵それぞれについて表形式にまとめると同時に、各ケースごとに荷重状態図(説明図)を表示して、極力判り易くしています。</p>
操作性の高い対話形式によるデータ入力	<p>データの inputs は、メインメニューの入力欄を上から下に向かって進めていただくだけです。各入力欄には、説明文や説明図、参考表などを配し、入力を補助しています。</p>

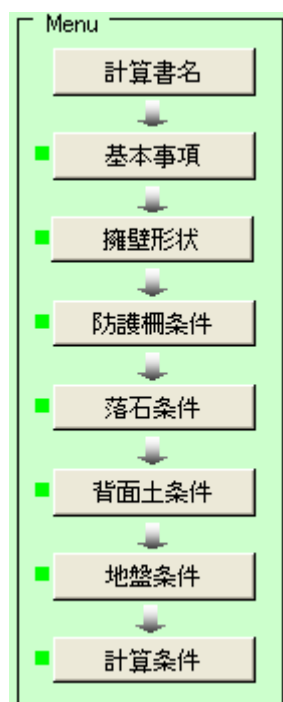
2. 操作方法

2-1. 基本的な操作の流れ

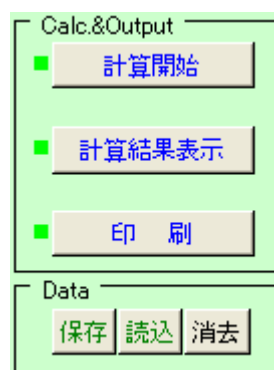
「Rockwall」は、画面左のメインメニューを上から下方に従って入力を進めて行くことで、すべての条件設定が可能となります。メインメニューは、「計算書名」→「基本事項」→「擁壁形状」→「防護柵条件」→「落石条件」→「背面土条件」→「地盤条件」→「計算条件」で構成されます。

すべての条件が揃うと、計算開始ボタン左のインジケータが赤から緑に変わります。計算開始ボタンを押すと計算が始まり、終了すると自動的に計算結果一覧表が表示されます。

・メインメニュー



・計算 (印刷) およびデータメニュー



2-2. 計算書名の入力

計算書の名称およびタイトルを入力します。ただし計算書に表示されるのは、「計算書名」と「タイトル」のみで、「コメント」は表示されません。また、このウインドウ欄への入力は必須ではありません。

計算書名等

計算書名: sampledata

タイトル: H=4.00m

コメント:

(注)コメントについては計算書に印刷されません。

適用基準

- ・「落石対策便覧」(平成12年6月、(社)日本道路協会)
- ・「道路土工-擁壁工指針」(平成11年3月、(社)日本道路協会)
- ・「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編」(平成14年3月、(社)日本道路協会)

次へ 閉じる

次の「基本事項」ウインドウを開きます。

2-3. 基本事項の入力

「計算書名」の次に入力するウインドウです。

メニューの「基本事項」ボタンを押すと表示されます。このウインドウでは、構造物の種別や計算ケースを設定します。

基本条件

■対策工の選定

☒ 落石防護擁壁(柵併用)
☐ 落石防護擁壁(壁単独)
☐ 落石防護柵および柵基礎

説明
落石防護柵を設置した落石防護擁壁を行います。柵と擁壁双方への落石衝突検討を行うことができます。

■計算ケースの設定 (計算を行うケースにチェックマークを入れて下さい)

ケース (名称指定)	<input checked="" type="checkbox"/> 常時	<input checked="" type="checkbox"/> 堆積時	<input checked="" type="checkbox"/> 地震時	<input checked="" type="checkbox"/> 落石時① (柵に衝突)	<input checked="" type="checkbox"/> 落石時② (壁に衝突)
荷重の組合わせ	・自重(W) ・土圧(P) <input checked="" type="radio"/> 考慮しない <input type="radio"/> 考慮する	・自重(W) ・土圧(P)	・自重(W) ・慣性力($K_h \cdot W$) ・土圧(P_e) <input checked="" type="radio"/> 考慮しない <input type="radio"/> 考慮する	・自重(W) ・落石荷重(P_r) ・土圧(P) <input checked="" type="radio"/> 考慮しない <input type="radio"/> 考慮する	・自重(W) ・落石荷重(P_r)
荷重図					

■地震時の基本条件

設計水平震度 $K_h =$

設計水平震度を簡易計算により求めます。(下図のウインドウより)

設計水平震度を入力します。(躯体、土砂共通)

土圧を考慮するかどうかを選択します。

計算をおこなうケースにはチェックを入れます。

ケース名称を変更する場合に入力します。

戻る 次へ 閉じる

設計水平震度(K_h)の簡易計算

計算条件を設定すると、設計水平震度が算定されます。

■計算条件

地域区分
☒ A (1.0) ☐ B (0.85) ☐ C (0.70)

地震規模
☒ 中規模 ☐ 大規模

地盤種別
☒ I種 ☐ II種 ☐ III種

■計算結果

設計水平震度の標準値 $kh0 =$
 地域別補正係数 $C_z =$
 設計水平震度($C_z \cdot kh0$) $kh =$

計算値を代入して開じる

開じる

次の「擁壁形状」ウインドウを開きます。

前の「計算書名」ウインドウを開きます。

「擁壁工指針」P30～32より地域区分を設定。

「擁壁工指針」P29～34より、規模、地盤種別を設定分を設定。

計算値を代入します。

2-4. 擁壁形状の入力

「基本事項」の次に入力するウインドウです。

メニューの「擁壁形状」ボタンを押すと表示されます。このウインドウでは、落石防護擁壁(基礎)の形状を入力します。入力後、擁壁形状を確認することが出来ます。

現バージョンでは「台形」形状のみとなります。任意形についてはご要望等に応じて、今後対応の予定です。

形状タイプ

- ☒ 台形
- ☐ 一般形状(任意形)

形状入力

擁壁高	H=	4	(m)
天端幅	B1=	0.5	(m)
底面幅	B2=	2.5	(m)
前面法勾配	m=	0.5	(-)
背面法勾配	n=	0.000	(-)
有効抵抗長	L=	10	(m)
コンクリート γ_c の単位体積重量		23	(kN/m ³)

形状説明図

形状確認図

形状確認図を描画します。

clear 形状(再)描画

メッセージ:

戻る 次へ 閉じる

形状データを消去します。

前の「基本事項」ウインドウを開きます。

次の「擁壁形状」ウインドウを開きます。

2-5. 防護柵条件の入力

1) 防護柵条件

「擁壁形状」の次に入力するウインドウです。メニューの「防護柵条件」ボタンを押すと表示されます。ただし、基本事項にて擁壁単独の場合や、防護柵の照査を行わない場合は表示されません。このウインドウでは、落石防護柵の寸法入力や材料を選択します。

落石防護柵

基本寸法

柵高 $h = 2.5$ (m)
 支柱間隔 $a = 3$ (m)
 柵根入れ $d = 0.85$ (m)
 柵全長 $L = 60$ (m)

コンクリートの規格

設計基準強度 $\sigma_{ck} = 18$ (N/mm²)
 許容圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 4.5$ (N/mm²)
 許容引張せん断応力度 $\tau_a = 0.7$ (N/mm²)
 応力照査時の割増係数 $\alpha = 1.5$

ワイヤロープの種別

種別 $3 \times 7G/O \ \Phi 14$

断面積 $A = 78$ (mm²)
 弾性係数 $E_w = 100000$ (N/mm²)
 破断荷重 $T_b = 98.1$ (kN)
 降伏荷重 $T_y = 73.6$ (kN)

支柱の種別

種別 $H-200 \times 100 \times 5.5 \times 8$

フランジ幅 $b = 100$ (mm)
 ウェブ高 $t = 200$ (mm)
 断面係数 $Z = 181$ (cm³)
 断面二次モーメント $I = 1810$ (cm⁴)
 弾性係数 $E_H = 200000$ (N/mm²)
 降伏応力度 $\sigma = 235$ (N/mm²)

せん断断面を 45° 面 (=c) とするか 90° 面 (=l) とするかを選択します。「落石対策便覧」では 90° 面 (=l) で計算していますが、本ツールでは 45° 面にも対応可能です。

押抜きせん断応力度 (τ) の算定式

☒ $\tau = F_y / (2 \cdot l \cdot d)$ ……「落石対策便覧」式(5-26)
☐ $\tau = F_y / (2 \cdot c \cdot d)$ ($c = 0.212$ m)

メッセージ:

材料データ編集 戻る 次へ 閉じる

柵やコンクリートの規格等を編集する際に使用します。
 次ページの「材料データ編集」ウインドウを開きます。

「擁壁形状」ウインドウに戻ります。

次の「落石条件」ウインドウを開きます。

2) 材料データ編集

「防護柵条件」ウインドウ内の「材料データ編集」ボタンを押すと表示されます。このウインドウでは、防護柵の材料データの編集やコンクリートの許容値等を編集できます。また、材料データリストを csv ファイルに保存したり、読み込むことが可能です。

■データ編集は以下の手順でおこないます。

1. 編集したいデータ行を左クリック。
2. 選択行が青色(ハイライト)表示となります。
3. 「データ編集」ボタンを押します。
4. データが編集欄に複写されます。
5. 編集欄内のデータを変更します。
6. 「データ更新」ボタンを押してデータ変更を確定させます。

■データを新規登録する場合は以下の手順でおこないます。

1. 編集欄内の各欄に、新規データの値を入力します。
2. データリスト欄において、データを挿入したい位置にあるデータ行を左クリックします。
3. 選択行が青色(ハイライト)表示となります。
4. 「リストに追加登録」ボタンを押します。
5. データリスト欄に新規データが追加されます。

材料データリスト(登録・編集)

コンクリート | ワイヤロープ | 支柱(H形鋼)

データリスト(支柱)

支柱の弾性係数 $E_w = 200000$ (N/mm²)

支柱の降伏点応力度 $\delta = 235$ (N/mm²)

規格寸法	フランジ幅 b(mm)	ウェブ高 t(mm)	断面係数 Z(cm ³)	断面二次 モーメント I _x (cm ⁴)
H-125×125×6.5×9	125	125	134	839.0
H-150×75×5.0×7	75	150	89	666.0
H-175×175×7.5×11	175	175	331	2900.0
H-200×100×5.5×8	100	200	181	1810.0
H-200×200×8.0×12	200	200	472	4720.0
H-350×175×7.0×11	175	350	771	13500.0

↓ ↑

編集欄(データ作成欄)

規格寸法 b t Z I_x

材料データ(*.csv)

保存 読込 初期値に戻す

データ編集は、まずデータを編集したい行を、クリックしてハイライト表示させた後に、「データ編集」ボタンを押します。

データはこの編集欄で編集します。

ダウンロード時の初期値に戻します。

材料データの保存・読込に使用します。データファイルは、csv ファイルとなります。

なお、編集した材料データを次回以降も使用する場合は、材料データファイルとして保存しておいて下さい。

データは、「保存」ボタンを押し、ファイル名を付けて csv ファイルとして保存します。データを読み込む場合は、「読込」ボタンを押し、データファイルを指定します。

2-6. 落石条件の入力

「防護柵条件」の次に入力するウインドウです。

メニューの「落石条件」ボタンを押すと表示されます。このウインドウでは、落石の落下高や落石重量等の設定を行います。

現バージョンでは「落下高・斜面勾配等から算定」のみとなります。要望等に応じて、今後対応の予定です。

落石条件

落石速度・エネルギー

落石の速度・エネルギー設定方法

☒ 落下高、斜面勾配等から算定

☐ 直接指定

落石の落下高(柵衝突時)H1= 10 (m)

落石の落下高(壁衝突時)H2= 10 (m)

擁壁への衝突位置 $\Delta H2$ = 0.1 (m)

斜面勾配(平均) θ = 45 (°)

斜面の等価摩擦係数 μ = 0.15 参考表

回転エネルギー係数 β = 0.1

重力加速度 g = 9.8 (m/s²)

落石重量

重量設定方法

☒ rと γ sから算定 (球として計算)

☐ 直接指定

落石の半径 r = 0.2 (m)

落石の単位体積重量 γ s= 25.5 (KN/m³)

落石の重量 W = 0.855 (KN)

落石速度・落石エネルギー計算結果

適用ケース	計算に用いる 落下高 Ha(m)	落石速度 V(m/s)	落石エネルギー E(KJ)
落石時 (柵への衝突)	10.000	---	7.994
落石時 (壁への衝突)	10.000	12.907	---

clear

メッセージ:

戻る 次へ 閉じる

落下高(壁衝突時) H2
落下高(柵衝突時) H1
 $\Delta H2$: 壁への衝突位置
斜面勾配 θ (平均)
落石(W)

☒ 落下高が40mを超えるときは、落下高を40mとして計算する。

落下高が40mを超えるとほぼ一定速度になるという考えに基づき、エネルギー計算等に用いる落下高の上限を40mにする場合はチェックをして下さい。

「防護柵条件」ウインドウに戻ります。

次の「背面土条件」ウインドウを開きます。

2-7. 背面土条件の入力

「落石条件」の次に入力するウインドウです。メニューの「背面土条件」ボタンを押すと表示されます。ただし、基本事項にて土圧を考慮しない設定の場合は表示されません。

このウインドウでは、擁壁タイプ(盛土部、切土部)の選択や裏込土の設定等をおこないます。

擁壁タイプを選択します。擁壁の背後に、裏込土とは異質の境界面(地山)が接近している場合は「切土部擁壁」を、そうでない場合は「盛土部擁壁」を選択します。

擁壁背面に土圧を無視できる層がある場合は「有り」を、そうでない場合は「無し」を選択します。

擁壁天端から背面土上面までの比高差を入力します。背面土が擁壁天端に一致する場合は 0(ゼロ)となります。

背面土形状①…適用ケース(常時、落石時①(欄衝突時))

レベル差 $H_s = 1$ (m)

背面土傾斜角 $\theta_1 = 20$ (°) $\leq 45^\circ$

すべり角の下限指定 $\alpha_1 = 0$ (°) (注1)

背面土形状②…適用ケース(堆積時)

堆積土傾斜角 $\theta_2 = 20$ (°) $\leq 45^\circ$

すべり角の下限指定 $\alpha_2 = 0$ (°) (注1)

背面土の土圧算定条件(背面土①、背面土②共通)

単位体積重量 $\gamma_s = 20$ (KN/m³) 参考

内部摩擦角 $\phi = 35$ (°) … 参考

土圧を考慮しない高さ $H_r = 0.5$ (m) $> 0m$

土圧算定公式 = 試行(さび)法

背後斜面(地山線)の条件

法面傾斜角 $\beta = 50$ (°) 1:n $\rightarrow \beta$

擁壁からの水平離れ $L_1 = 1$ (m) $\leq H \cdot 1.000m$

地山面のすべり摩擦角 $\delta' = 23$ (°) ϕ 2/3 ϕ

(H: 擁壁高) δ' について

clear

メッセージ:

1:n の値から、法面傾斜角の値を計算して代入します。

δ' 欄に、 ϕ もしくは $2/3 \cdot \phi$ の値を代入します。

すべり面の角度 ω を内部摩擦角 ϕ 以上に規定する場合にチェックします。また、すべり面の指定角 α_1 (α_2) も併せて設定している場合は、すべり角 ω の下限値は、 $\omega_{min} = \text{Max}(\alpha_1(\alpha_2), \phi)$ で表されます。

注3) 背面土の土管定数は、埋戻土・堆積土

すべり面の角度の最小値を指定したい場合に入力します。通常は 0(ゼロ)として下さい。

注1) 上記チェックをONにすると、すべり角の下限は、ユーザー指定値 α_1 (α_2) と内部摩擦角 ϕ のどちらか大きい方の値となります。

注2) $30^\circ \leq \beta \leq 89^\circ$ の範囲とします。

戻る 次へ 閉じる

次の「地盤条件」ウインドウを開きます。

「落石条件」ウインドウに戻ります。

2-8. 地盤条件の入力

「背面土条件」の次に入力するウインドウです。

メニューの「地盤条件」ボタンを押すと表示されます。ここでは、基礎地盤の土質条件や許容支持力度の設定をおこないます。

基礎地盤条件

支持地盤の許容支持力度 (qa)

☐ 直接入力 ☒ 極限支持力度から算定

※許容支持力度 (qa) は、下式により求めます。

$$q_a = \text{極限支持力度 (q_u)} / \text{安全率 (F)}$$

なお安全率 (F) は、「計算条件」にて設定される「支持に対する安全率 (F)」の値を用います。

極限支持力度 (qu) の算定 (落石時②の許容支持力算定用)

☐ 直接入力 ☒ 地盤定数等から算定

支持地盤の単位体積重量 $\gamma_1 = 19$ (KN/m³)

内部摩擦角 $\phi = 30$ (°)

粘着力 $c = 5$ (KN/m²)

根入地盤の単位体積重量 $\gamma_2 = 20$ (KN/m³)

基礎の有効根入れ深さ $D_f = 0.3$ (m)

支持地盤への根入れ深さ $D_f' = 0.1$ (m)

基礎底面の形状 (形状係数 α 、 β 算定用)

☐ 長方形 ☒ 帯状

参考

滑動照査用データ

擁壁底面と地盤との間の...

摩擦係数 $\mu = 0.6$ 参考

粘着力 $CB = 0$ (KN/m²)

説明図

現バージョンでは「地盤定数等から算定」のみとなります。

メッセージ:

clear 戻る 次へ 開じる

「背面土条件」ウインドウに戻ります。

次の「計算条件」ウインドウを開きます。

2-9. 計算条件の設定

「地盤条件」の次に入力するウインドウです。メニューの「計算条件」ボタンを押すと表示されます。ここでは、安定計算の許容値や設定値を計算ケースごとに設定します。

安定計算条件

■安定計算条件表

設定項目	計算ケース	常 時	堆積時	地震時	落石時① (柵に衝突)
転倒照査時の許容偏心量(e)		$\frac{B}{6}$	$\frac{B}{3}$	$\frac{B}{3}$	$\frac{B}{3}$
滑動に対する安全率(Fs)		1.5	1.5	1.2	1.5
支持に対する安全率(F)		3	1.5	2	1.5
主働土圧算定時の壁面摩擦角(δ)		$\frac{2}{3} \cdot \phi$	$\frac{2}{3} \cdot \phi$	$\frac{1}{2} \cdot \phi$	$\frac{2}{3} \cdot \phi$

表内の設定を初期値に戻す

安定計算条件表の値をダウンロード時の初期値に戻します。

■擁壁への落石衝突時のエネルギー検討に用いる許容値等(落石時②の計算用)

許容回転角の最大値 $\theta_a =$ (°) (2~3°)

許容塑性率 $\mu =$ (-) (4~6)

擁壁の許容水平変位 $\delta La =$ (m) (注)水平変位の照査を行わない場合は、空白として下さい。

メッセージ:

戻る 計算開始 閉じる

「落石対策便覧」では擁壁の水平変位の照査をおこなっていませんが、ここに値を入力すると、水平変位の照査をおこなうことができます。照査をしない場合は空欄のままにして下さい。

安定計算を実行します。ただし、入力に不備があると中断します。

「地盤条件」ウインドウに戻ります。

3. 計算結果一覧表について

3-1. 計算直後に表示される計算結果一覧表(画面表示用)

1) 画面の説明

「計算開始」ボタンを押して、計算をおこなった直後に表示される計算結果一覧表です。この一覧表では説明図等は最小限です。

【落石防護擁壁の計算結果一覧表(画面表示用)】

計算結果一覧表

計算を正常に終了しました。

擁壁計算結果 | 防護柵計算結果 | 計算ログ

■ 擁壁の安定計算結果一覧表

計算ケース		常時	推積時	地震時	落石時①(柵衝突時)	落石時②(壁衝突時)			
考慮する荷重等		自重土圧	自重土圧		自重落石衝突時の作用力土圧	落石エネルギー			
作用力	鉛直力V (KN/m)	139.764	164.931	---	139.764	擁壁自重のモーメント Mw (KN・m)	-536.82		
	水平力H (KN/m)	4.090	62.432	---	9.190	地盤最大抵抗モーメント Mu (KN・m)	1,155.90		
	転倒 M (KN・m/m)	1.841	83.222	---	30.743	設計降伏モーメント My (KN・m)	1,692.72		
	抵抗 M (KN・m/m)	230.592	293.510	---	230.592	許容落石水平力 HR (KN)	434.0		
安定計算	転倒 (m)	計算値	e = 0.387	e = 0.025	---	e = 0.180	擁壁の水平変位 (m)	計算値	ΔL = 0.00037
		許容値	B/6=0.417	B/3=0.833	---	B/3=0.833		許容値	---
		判定	OK!	OK!	---	OK!		判定	---
	滑動	計算値	Fs = 20.503	Fs = 1.585	---	Fs = 9.125	許容回転角 (°)	計算値	θa = 1.126
		許容値	Fsa=1.500	Fsa=1.500	---	Fsa=1.500		上限値	θam=2.00
		判定	OK!	OK!	---	OK!		使用値	1.126
	支持力 (KN/m²)	計算値	Qmax=107.831	Qmax=69.931	---	Qmax=80.060	落石衝突時のエネルギー照査 (KJ)	計算値	EML=0.046
		許容値	Qa =143.37	Qa =106.53	---	Qa =287.47		許容値	EM =30.960
判定		OK!	OK!	---	OK!	判定		OK! (EML ≤ EM)	
擁壁の安定性評価		○ 安定条件を満たしている。							

ここに、e: 偏心距離、B: 底版幅、Fs: 滑動安全率、Qmax: 最大地盤反力度、Qa: 許容支持力度

■ 総合評価

擁壁、防護柵が共にOK!

結果一覧表印刷

再計算

閉じる

【落石防護柵の計算結果一覧表(画面表示用)】

計算結果一覧表

計算を正常に終了しました。

擁壁計算結果 | 防護柵計算結果 | 計算ログ

■ 落石防護柵の照査結果

落石エネルギー	落石重量W (KN)	0.855
	落下高H (m)	10.00
	落石エネルギーE (KJ)	7.99
柵吸収エネルギー	支柱の吸収エネルギーEP (KJ)	22.79
	ロープの吸収エネルギーER (KJ)	8.17
	金網の吸収エネルギーEN (KJ)	25.00
	柵の吸収エネルギーET (KJ) (=EP+ER+EN)	55.96
落石防護柵の照査結果		OK! (ET ≥ E)

■ 柵根入れ部の照査結果

作用力	水平力 Fy (KN)	25.52	
	支柱曲げM (KN・N)	53.39	
曲げ圧縮応力度 σc (N/mm²)	計算値	4.73	
	許容値	α・σca=1.5×4.50= 6.75	
押抜きせん断応力度 τ (N/mm²)	計算値	0.10	
	許容値	α・τa=1.5×0.70= 1.05	
		判定	OK!

ここに、α: 割増係数(短期)、σca: 許容曲げ圧縮応力度、ここに、α: 割増係数(短期)、σca: 許容曲げ圧縮応力度、τa: 許容押抜きせん断応力度

■ 防護柵評価

○ 照査条件を満たしている。

■ 総合評価

擁壁、防護柵が共にOK!

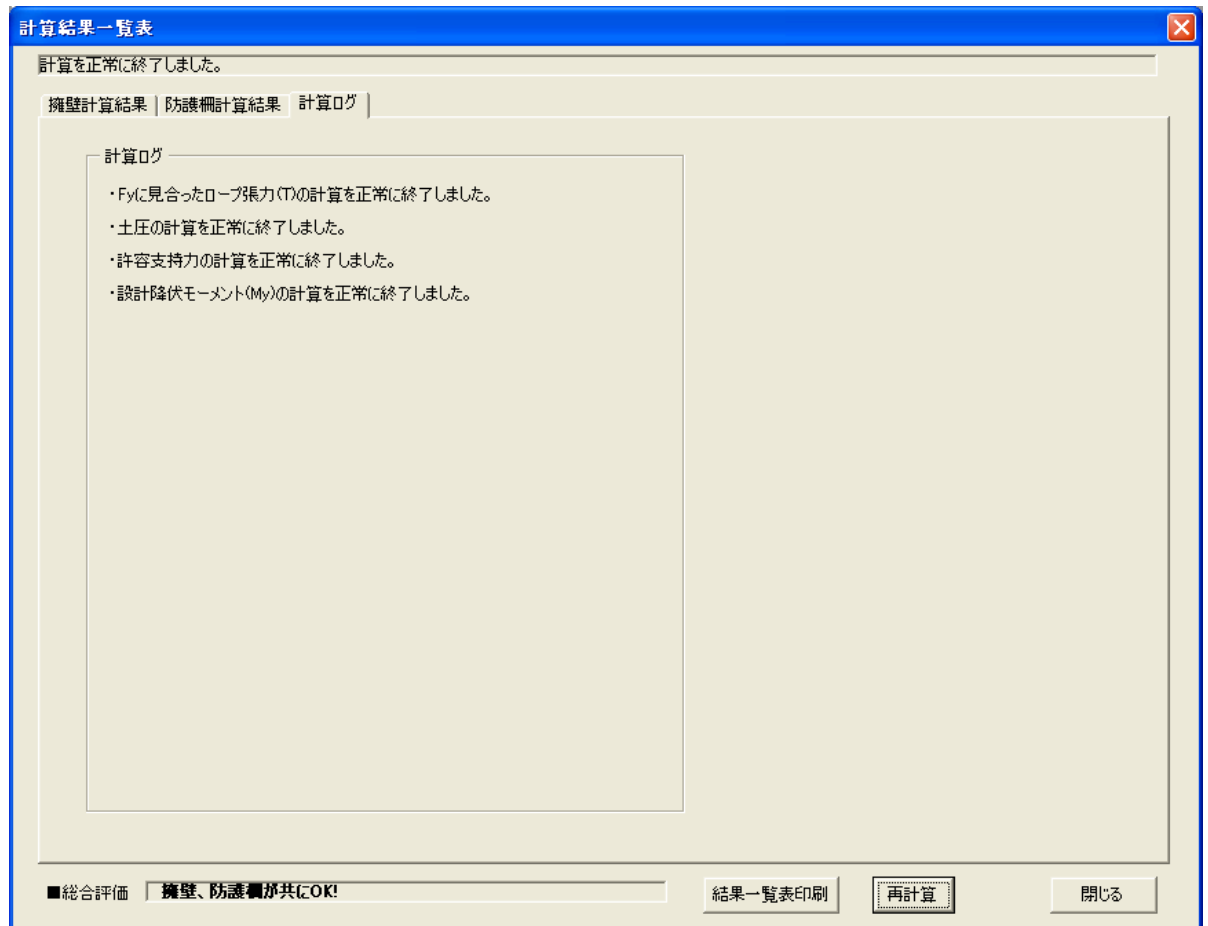
結果一覧表印刷

再計算

閉じる

2) 計算ログの説明

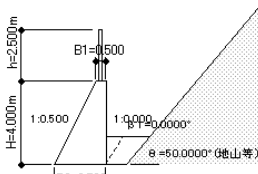
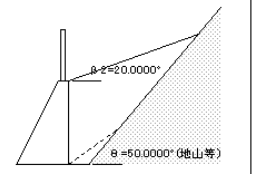
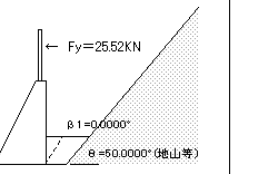
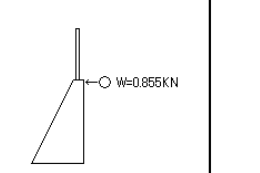
計算直後に表示される結果一覧表に「エラーが生じ、正常に計算できませんでした。」と表示された場合に、問題箇所に関する計算ログが表示されます。下記は正常に計算を終了した場合の計算ログですが、エラーが生じた場合には、エラー箇所が表示されます。(ただし、予期せぬエラーの場合を除く)



3-2. ワークシート上の計算結果一覧表(印刷用)

ワークシート上に生成される計算結果一覧表では、図形描画を多用した判り易い様式としています。

【落石防護擁壁の計算結果一覧表(ワークシート上)】

	A	B	C	D	E	G	K	L	M			
1	2-1.擁壁の安定計算結果一覧表			sampledata1 (落石防護擁壁(H=4.00m、切土部擁壁))								
2	計算ケース		常時		堆積時		落石時①(欄衝突時)		落石時②(壁衝突時)			
	略図											
			すべり角 $\omega = 58.9(^{\circ})$		すべり角 $\omega = 35.0(^{\circ})$		すべり角 $\omega = 58.9(^{\circ})$					
	考慮する荷重等		自重 土圧		自重 土圧		自重 落石衝突時に欄を通して作用する荷重 土圧		落石エネルギー			
7	作用力	鉛直力V (KN/m)	139.764		164.931		139.764		擁壁自重のモーメント Mw(KN・m)		-536.82	
8		水平力H (KN/m)	4.090		62.432		9.190		地盤最大抵抗モーメント Mu(KN・m)		1,155.90	
9		転倒 M (KN・m/m)	1.841		83.222		30.743		設計降伏モーメント My(KN・m)		1,692.72	
10		抵抗 M (KN・m/m)	230.592		293.510		230.592		許容落石水平力 Hs(KN)		434.0	
11	安定計算	転倒 (m)	計算値	$ e = 0.387$		$ e = 0.025$		$ e = 0.180$		擁壁の水平変位(m)	計算値	$\delta L = 0.00037$
12			許容値	B/6=0.417		B/3=0.833		B/3=0.833			許容値	---
13			判定	OK!		OK!		OK!			判定	---
14		滑動	計算値	$F_s = 20.503$		$F_s = 1.585$		$F_s = 9.125$		許容回転角($^{\circ}$)	計算値	$\theta_a = 1.126$
15			許容値	$F_{sa} = 1.500$		$F_{sa} = 1.500$		$F_{sa} = 1.500$			上限値	$\theta_{am} = 2.00$
16			判定	OK!		OK!		OK!			使用値	1.126
17		支持力 (KN/m ²)	計算値	Qmax=107.831		Qmax=69.931		Qmax=80.060		落石衝突時のエネルギー 可能吸収エネルギー(KJ)	回転変形エネルギー	EML=0.046
18			許容値	Qa =143.37		Qa =106.53		Qa =287.47			可能吸収エネルギー	EM =30.960
19	判定		OK!		OK!		OK!		判定		OK! (EML ≤ EM)	
	擁壁の安定性評価		○ 安定条件を満たしている。									
20	ここに、e:偏心距離、B:底版幅、Fs:滑動安全率、Qmax:最大地盤反力度、Qa:許容支持力度											

【落石防護擁壁の計算結果一覧表(ワークシート上)】

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	2-2.落石防護柵及び根入れ部の照査結果一覧表			sampledata1 (落石防護擁壁H=4.00m(切土部))				
2	検討箇所		落石防護柵			柵根入れ部		
3	略図							

4. 計算理論

4-1. 土圧計算

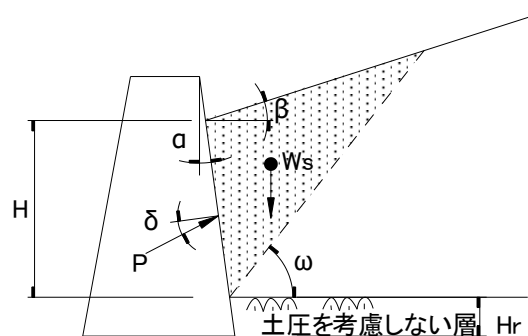
4-1-1. 盛土部擁壁の主働土圧

1) 常時の土圧算定式(地震時以外の土圧算定式)

盛土部擁壁に作用する土圧は、「擁壁工指針」P60 の記述に基づき、試行くさび法により算定します。ここに盛土部擁壁とは、擁壁裏込部の地形に特殊な条件のないごく普通の平坦部の擁壁をいいます。試行くさび法は、クーロン土圧を図解によって求める方法の一つで、すべり面の角度を様々に変えて最大土圧を求めるものです。最大土圧 P は、次式により求められます。

$$P = \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

ここに、 P : 土圧合力 (KN/m)
 ω : すべり角 (°)
 ϕ : 背面土の内部摩擦角 (°)
 δ : 壁面摩擦角 (°)
 α : 壁背面と鉛直面のなす角 (°)
 W_s : 土くさび重量 (KN/m)



なお、土くさび重量 W_s は、次式により算定します。

$$W_s = \frac{1/2 \cdot \gamma_s \cdot H^2 \cdot \cos(\omega - \alpha) \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\omega - \beta) \cos^2 \alpha}$$

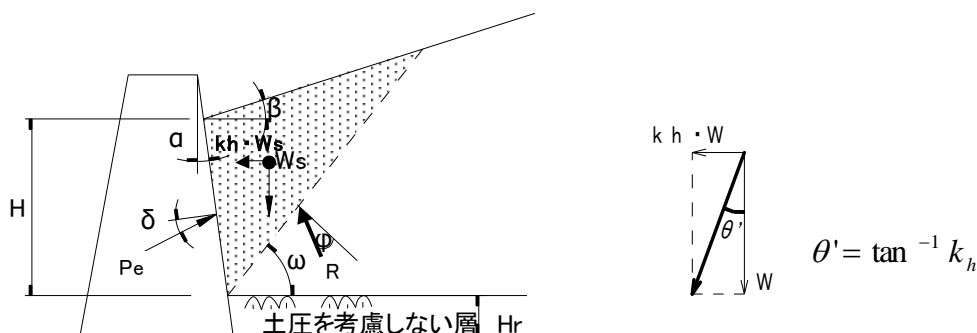
ここに、 H : 土圧を考慮する背面土高 (m)
 β : 背面土の傾斜角 (°)
 δ : 壁面摩擦角 (°)
 α : 壁背面と鉛直面のなす角 (°)
 γ_s : 背面土の単位重量 (KN/m³)

2) 地震時の土圧算定式

盛土部擁壁に作用する地震時土圧は、「擁壁工指針」P69 の記述に基づき、試行くさび法において土くさびに水平方向の地震時慣性力を作用させる方法を用います。

ただし、地震時の土圧合力の算定式は擁壁工指針には具体的に明記されていないので、地震時土圧の算定式を算定過程と併せて表記すると以下となります。

盛土部擁壁に作用する地震時土圧の作用力は下図で表されます。



ここに、

- P_e : 地震時土圧合力(KN/m)
- H : 土圧を考慮する背面土高(m)
- β : 背面土の傾斜角(°)
- δ : 壁面摩擦角(°)
- α : 壁背面と鉛直面のなす角(°)
- γ_s : 背面土の単位重量(KN/m³)
- ω : すべり角(°)
- ϕ : 背面土の内部摩擦角(°)
- θ' : 地震合成角(°)
- k_h : 設計水平震度
- α : 壁背面と鉛直面のなす角(°)
- W : 土くさび重量(KN/m)
- R : 不動土塊面に作用する土圧合力(KN/m)

上図のうち、未知数は P_e と R の2つです。

この未知数を、各土圧(作用力)の水平成分並びに垂直成分の釣り合い式より求めることができます。

$$(\text{水平方向}) \quad P_e \cdot \cos(\delta + \alpha) - R \cdot \sin(\omega - \phi) - W \cdot \tan(\theta') = 0 \quad \dots 1\text{式}$$

$$(\text{鉛直方向}) \quad P_e \cdot \sin(\delta + \alpha) + R \cdot \cos(\phi - \omega) - W = 0 \quad \dots 2\text{式}$$

1式より、 R は下式により表されます。

$$R = \frac{P_e \cdot \cos(\delta + \alpha) - W \cdot \tan(\theta')}{\sin(\omega - \phi)} \quad \dots 3\text{式}$$

3式を2式に代入すると下式となります。

$$P_e \cdot \sin(\delta + \alpha) + \frac{P_e \cdot \cos(\delta + \alpha) - W \cdot \tan(\theta')}{\sin(\omega - \phi)} \cdot \cos(\phi - \omega) - W = 0$$

さらに式を変換してゆくと以下となります。

$$P_e \cdot \frac{\sin(\delta + \alpha) \cdot \sin(\omega - \phi) + \cos(\delta + \alpha) \cdot \cos(\phi - \omega)}{\sin(\omega - \phi)} - W \cdot \frac{\sin(\omega - \phi) + \tan(\theta') \cdot \cos(\phi - \omega)}{\sin(\omega - \phi)} = 0$$

$$P_e \cdot \cos(\omega - \delta - \alpha - \phi) - W \cdot \{\sin(\omega - \phi) + \tan(\theta') \cdot \cos(\phi - \omega)\} = 0$$

上式より、最終的にPeは下式により表されます。

$$\begin{aligned} P_e &= W \cdot \frac{\sin(\omega - \phi) + \cos(\phi - \omega) \cdot \tan(\theta')}{\cos(\omega - \delta - \alpha - \phi)} \\ &= W \cdot \frac{\sin(\omega - \phi) \cdot \cos(\theta') + \cos(\omega - \phi) \cdot \sin(\theta')}{\cos(\omega - \delta - \alpha - \phi) \cdot \cos(\theta')} \\ &= \frac{W \cdot \sin(\omega - \phi + \theta')}{\cos(\omega - \delta - \alpha - \phi) \cdot \cos(\theta')} \quad \dots 4式 \end{aligned}$$

盛土部擁壁の地震時土圧算定式

$$P_e = \frac{W \cdot \sin(\omega - \phi + \theta')}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha) \cdot \cos(\theta')}$$

4-1-2. 切土部擁壁の主働土圧

1) 切土部擁壁に作用する土圧の考え方

切土部擁壁に作用する土圧の考え方は、「擁壁工指針」P66～68 に記述されています。切土部擁壁であっても、すべり線が裏込土(盛土)内のみを通過する場合は、盛土部擁壁と同じ手法で土圧を求めることができます。

しかし、すべり線が背後斜面(地山線)に近接したり交わるような場合は、背後斜面(地山線)の影響を考慮した土圧算定が必要となります。

主働土圧の算定方法は、地山斜面とすべり線の関係により下記2種類に区分されます。

- ・ **切土部擁壁としての土圧①**・・・すべり線と背後切土面(地山線)が同じ点で発する場合(「擁壁工指針」P67、図2-7に該当する場合)
- ・ **切土部擁壁としての土圧②**・・・すべり線が背後斜面(地山線)に交わり、その点から地山線に沿って折れ曲がるような場合(「擁壁工指針」P68、図2-8)に該当する場合)

2) 切土部擁壁としての土圧①

・・・「擁壁工指針」P67、図 2-7 に該当する場合($\omega = \theta$)

a) 常時の土圧算定式(地震時以外の土圧算定式)

すべり線が地山線に近接する($\omega \div \theta$)場合の主働土圧の算定式は、「擁壁工指針」P67 の記述に従い、盛土部擁壁における土圧式内のすべり線の摩擦角(盛土部擁壁では ϕ)に、地山線における摩擦角 δ' を用いた下式により求めることができます。

・主働土圧：P

$$P = \frac{W_s \cdot \sin(\omega - \delta')}{\cos(\omega - \delta' - \delta - \alpha)}$$

ここに、 θ ：背後斜面(地山線)の傾斜角(°)

P：土圧合力(KN/m)

ω ：すべり角(°)

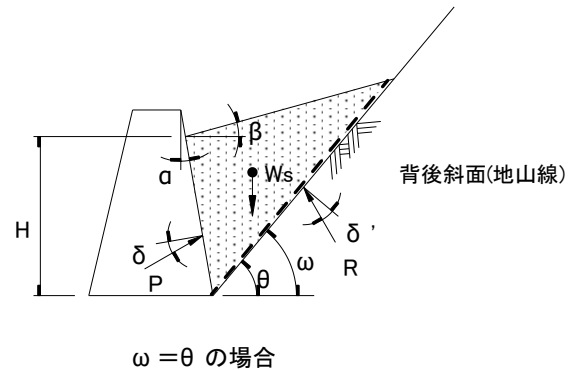
ϕ ：背面土の内部摩擦角(°)

δ ：壁面摩擦角(°)

δ' ：地山線のすべり摩擦角(°)

α ：壁背面と鉛直面のなす角(°)

W_s ：土くさび重量(KN/m)



※すべり線が地山線付近を通る場合、土圧は地山の表面状態の影響を受けます。この場合、土圧は地山線のすべり摩擦角を考慮した切土部擁壁に作用する土圧として求める必要があります。このとき、すべり線における摩擦角(盛土部擁壁では ϕ)は、地山線におけるすべり摩擦角 δ' を用います。(「擁壁工指針」P67)

$$W_s = \frac{1/2 \cdot \gamma_s \cdot H^2 \cdot \cos(\omega - \alpha) \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\omega - \beta) \cos^2 \alpha}$$

ここに、H：土圧を考慮する背面土高(m)

β ：背面土の傾斜角(°)

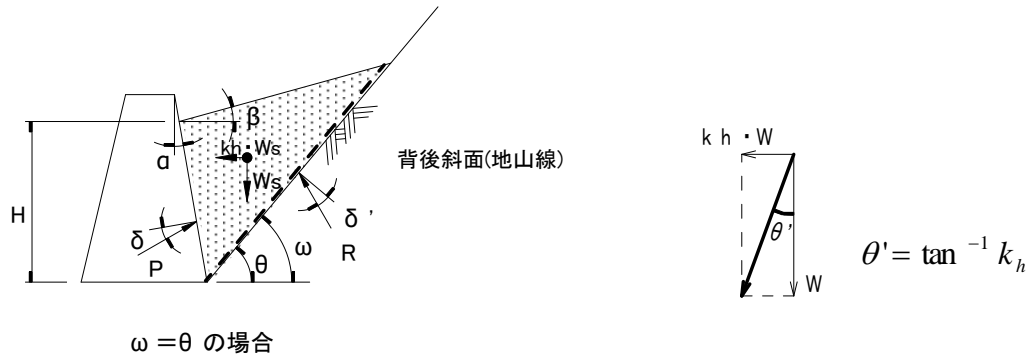
δ ：壁面摩擦角(°)

α ：壁背面と鉛直面のなす角(°)

γ_s ：背面土の単位重量(KN/m³)

b) 地震時の土圧算定式

すべり線が地山線に近接する($\omega \doteq \theta$)場合の地震時主働土圧の算定式は、4-1-1.2)の4式のすべり面の摩擦角(内部摩擦角) ϕ を、切土面のすべり摩擦角 δ' に変えて求めます。



$$P_e = \frac{W \cdot \sin(\omega - \delta' + \theta')}{\cos(\omega - \delta' - \delta - \alpha) \cos(\theta')}$$

ここに、

- P_e : 地震時土圧合力(KN/m)
- H : 土圧を考慮する背面土高(m)
- β : 背面土の傾斜角(°)
- δ : 壁面摩擦角(°)
- α : 壁背面と鉛直面のなす角(°)
- γ_s : 背面土の単位重量(KN/m³)
- ω : すべり角(°)
- ϕ : 背面土の内部摩擦角(°)
- θ' : 地震合成角(°)
- k_h : 設計水平震度
- δ' : 切土面のすべり摩擦角(°)
- α : 壁背面と鉛直面のなす角(°)
- W : 土くさび重量(KN/m)
- R : 不動土塊面に作用する土圧合力(KN/m)

なお、土くさび重量の算定式は常時に準じる。

3) 切土部擁壁としての土圧②

・・・「擁壁工指針」P68、図2-8に該当する場合

a) 常時の土圧算定式(地震時以外の土圧算定式)

すべり線が地山線と交わった点から地山線に沿って折れ曲がるようなすべりが生じる場合の主働土圧の算定式は、「擁壁工指針」P68 の式(2-3)により求めます。

・主働土圧：P

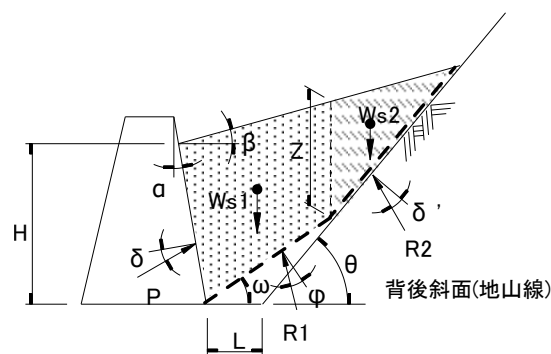
$$P = \frac{W_{s1} \cdot \sin (\omega - \phi) + W_{s2} \cdot \cos (\omega - \phi) \cdot \tan (\theta - \delta')}{\cos (\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

ここに、 P : 土圧合力 (KN/m)

 ω : すべり角($^{\circ}$) ϕ : 背面土の内部摩擦角(°) δ : 壁面摩擦角($^{\circ}$) δ' : 地山線のすべり摩擦角(°) α : 壁背面と鉛直面のなす角(°)

θ : 背後斜面(地山線)の傾斜角(°)

WS1, WS2 : 土くさび重量 (KN/m)



すべり線が地山線と交わる場合

$$W_{s1} = \frac{\gamma_s \cdot L \cdot \tan \theta}{2(\tan \theta - \tan \omega)} \{Z + H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1)\} + \frac{\gamma_s \cdot H^2}{2} \tan \alpha (\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \quad \cdots \text{式 1)}$$

$$W_{s2} = \frac{\gamma_s \cdot Z^2}{2(\tan \theta - \tan \beta)} \quad \dots \text{式 2)}$$

$$Z = H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) + L \left\{ \tan \beta + \frac{\tan \omega (\tan \beta - \tan \theta)}{\tan \theta - \tan \omega} \right\} \quad \cdots \text{式 3)}$$

ここに、WS1 : すべり線と地山線の交点で分割される土塊領域のうち、擁壁側の四角形の土塊重量(KN/m)

WS2 : すべり線と地山線の交点で分割される土塊領域のうち、地山側の三角形の土塊重量(KN/m)

Z : すべり線と地山線の交点における背面土高(盛土高) (m)

H : 土圧を考慮する背面土高(m)

 β : 背面土の傾斜角(°) δ : 壁面摩擦角($^{\circ}$) α : 壁背面と鉛直面のなす角(°) γ_s : 背面土の単位重量 (KN/m³)

注) 式 1) ~ 式 3) の根拠は次ページ参照のこと

下図のような切土部擁壁に作用する地震時土圧は、「擁壁工指針」P69 の記述に基づき、試行くさび法において土くさびに水平方向の地震時慣性力を作用させる方法を用います。ただし、地震時の土圧合力の算定式は擁壁工指針には具体的に明記されていないので、地震時土圧の算定式を算定過程と併せて表記すると以下となります。

[illegible]

- P_e : 地震時土圧合力(KN/m)
- H : 土圧を考慮する背面土高(m)
- β : 背面土の傾斜角($^{\circ}$)
- δ : 壁面摩擦角($^{\circ}$)
- α : 壁背面と鉛直面のなす角($^{\circ}$)
- γ_s : 背面土の単位重量(KN/m³)
- ω : すべり角($^{\circ}$)
- ϕ : 背面土の内部摩擦角($^{\circ}$)
- θ' : 地震合成角($^{\circ}$)
- k_h : 設計水平震度
- δ' : 切土面のすべり摩擦角($^{\circ}$)
- α : 壁背面と鉛直面のなす角($^{\circ}$)
- W_1, W_2 : 土くさび重量(KN/m)
- R_1, R_2 : 不動土塊面に作用する土圧合力(KN/m)
- X : 第2土塊部から受ける土圧水平力(KN/m)
(擁壁工指針では、すべり摩擦角を考慮しない)

この未知数を、第1土塊および第2土塊それぞれについて求めた各土圧(作用力)の水平成分並びに垂直成分の釣り合い式より求めます。

$$(\text{水平方向}) \quad P_e \cdot \cos(\delta + \alpha) - R_1 \cdot \sin(\omega - \phi) - X - W_1 \cdot \tan(\theta') = 0 \quad \cdots 1 \text{式}$$
$$(\text{鉛直方向}) \quad P_e \cdot \sin(\delta + \alpha) + R_1 \cdot \cos(\phi - \omega) - W_1 = 0 \quad \cdots 2\text{式}$$
$$(\text{水平方向}) \quad X - R_s \cdot \sin(\theta - \delta') - W_s \cdot \tan(\theta') = 0 \quad \cdots 3\text{式}$$
$$(\text{鉛直方向}) \quad R_y \cdot \cos(\theta - \delta') - W_y = 0 \quad \cdots 4\text{式}$$

まず、3式と4式より、R2とXの値を求めます。
4式を変形すると、

$$R_2 = \frac{W_2}{\cos(\theta - \delta')}$$

このR2を3式に代入するとXは下式により表されます。

$$X = W_2 \cdot \tan(\theta - \delta') + W_2 \cdot \tan(\theta')$$

次に、2式を変形し、R1を求めます。

$$R_1 = \frac{W_1 - P_e \cdot \sin(\delta + \alpha)}{\cos(\phi - \omega)}$$

これを1式に代入し、Peを求めると下式となります。

$$P_e \cos(\delta + \alpha) - \frac{W_1 - P_e \cdot \sin(\delta + \alpha)}{\cos(\phi - \omega)} \cdot \sin(\omega - \phi) - W_2 \cdot \tan(\theta - \delta') - W_2 \cdot \tan(\theta') - W_1 \cdot \tan(\theta) = 0$$

$$P_e \cdot \frac{\cos(\delta + \alpha) \cdot \cos(\phi - \omega) + \sin(\delta + \alpha) \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\phi - \omega)} - \frac{W_1 \cdot \sin(\omega - \phi)}{\cos(\phi - \omega)} - W_2 \cdot \tan(\theta - \delta') - W_2 \cdot \tan(\theta) - W_1 \cdot \tan(\theta) = 0$$

両辺に $\cos(\phi - \omega)$ を乗じると下式に変形されます。

$$P_e = \frac{W_1 \cdot \{\tan(\theta') \cdot \cos(\phi - \omega) + \sin(\omega - \phi)\} + W_2 \cdot \cos(\phi - \omega) \cdot \{\tan(\theta - \delta') + \tan(\theta')\}}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

さらに、右辺の分母と分子に、 $\cos(\theta')$ を乗じて変形すると、最終的にPeは下式により表されます。

$$P_e = \frac{W_1 \cdot \{\sin(\theta') \cdot \cos(\phi - \omega) + \cos(\theta') \cdot \sin(\omega - \phi)\} + W_2 \cdot \cos(\phi - \omega) \cdot \left\{ \frac{\sin(\theta - \delta')}{\cos(\theta - \delta')} \cdot \cos(\theta') + \sin(\theta') \right\}}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

$$= \frac{W_1 \cdot \sin(\omega - \phi + \theta') + W_2 \cdot \cos(\phi - \omega) \cdot \frac{\sin(\theta - \delta') \cdot \cos(\theta) + \cos(\theta - \delta') \cdot \sin(\theta)}{\cos(\theta - \delta')}}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

$$= \frac{W_1 \cdot \sin(\omega - \phi + \theta') + W_2 \cdot \cos(\phi - \omega) \cdot \frac{\sin(\theta - \delta' + \theta')}{\cos(\theta - \delta')}}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)} \quad \dots 5式$$

すべり線が地山と交わった点から地山線に沿って折れ曲がるような切土部擁壁の土圧算定式

$$P_e = \frac{W_1 \cdot \sin(\omega - \phi + \theta') + W_2 \cdot \cos(\phi - \omega) \cdot \frac{\sin(\theta - \delta' + \theta')}{\cos(\theta - \delta')}}{\cos(\omega - \phi - \delta - \alpha)}$$

なお、土くさびの重量(W₁, W₂)は常時の項で示した算定式を用いて求めます。

4) 切土部擁壁としての土圧② の土くさび重量 (Ws1、Ws2) 算定式の根拠

Ws1 及び Ws2 の算定式は「擁壁工指針」には明記されていませんが、簡単な幾何計算にて求めることが出来ます。土くさび説明図より、各算定式の根拠は以下の通りです。

a) Z の算定式

$$\begin{aligned}
 Z &= (H \cdot \tan \alpha + L + x) \cdot \tan \beta + H - y \\
 &= \left(H \cdot \tan \alpha + L + \frac{\tan \omega}{\tan \theta - \tan \omega} L \right) \cdot \tan \beta + H - \frac{\tan \theta \cdot \tan \omega}{\tan \theta - \tan \omega} \cdot L \\
 &= H \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta + L \cdot \tan \beta + \frac{\tan \omega \cdot \tan \beta}{\tan \theta - \tan \omega} \cdot L + H - \frac{\tan \theta \cdot \tan \omega}{\tan \theta - \tan \omega} \cdot L \\
 &= H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) + L \left\{ \tan \beta + \frac{\tan \omega(\tan \beta - \tan \theta)}{\tan \theta - \tan \omega} \right\} \quad \dots \text{式 3)}
 \end{aligned}$$

b) Ws1 の算定式

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{2} \{ Z + H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \} (L + x) + \frac{1}{2} H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \cdot H \cdot \tan \alpha \\
 &= \frac{1}{2} \{ Z + H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \} \left(L + \frac{\tan \omega}{\tan \theta - \tan \omega} L \right) + \frac{1}{2} H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \cdot H \cdot \tan \alpha \\
 &= \frac{L \cdot \tan \theta}{2(\tan \theta - \tan \omega)} \{ Z + H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \} + \frac{H^2}{2} \tan \alpha (\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1)
 \end{aligned}$$

$$W_{s1} = \gamma_s \cdot A_1$$

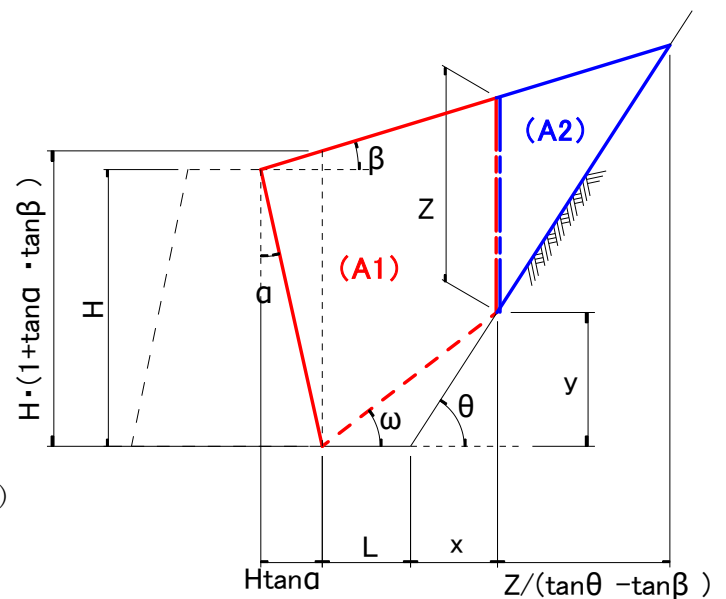
$$W_{s1} = \frac{\gamma_s \cdot L \cdot \tan \theta}{2(\tan \theta - \tan \omega)} \{ Z + H(\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \} + \frac{\gamma_s \cdot H^2}{2} \tan \alpha (\tan \alpha \cdot \tan \beta + 1) \quad \dots \text{式 1)}$$

c) Ws2 の算定式

$$\begin{aligned}
 A_2 &= \frac{1}{2} \cdot Z \cdot \frac{Z}{\tan \theta - \tan \beta} \\
 &= \frac{Z^2}{2(\tan \theta - \tan \beta)}
 \end{aligned}$$

$$W_{s2} = \gamma_s \cdot A_2$$

$$W_{s2} = \frac{\gamma_s \cdot Z^2}{2(\tan \theta - \tan \beta)} \quad \dots \text{式 2)}$$



土くさび説明図

4-2. 許容支持力の計算

4-2-1. 許容支持力の算定法

支持地盤の許容支持力度(q_a)は、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」10.3(P269～278)に基づき、基礎地盤の土質定数から求めた極限支持力度(q_u)を安全率(F)で除して求めます。 $(q_a = q_u / F)$

許容支持力度(q_a)は、支持力照査をおこなう全ケースにて算定が可能です。
下記は常時における許容支持力度(q_a)の算定例です。

■ 許容支持力の計算例(常時)

常時における支持地盤の許容支持力(q_a)を下式より求める。

$$\begin{aligned} q_a &= q_u / F && \text{ここに、} q_u: \text{極限支持力度(KN/m}^2\text{)} \\ &= 340.20 / 3.00 && F: \text{安全率(常時)} \\ &= 113.4 && (\text{KN/m}^2) \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} q_u &= \alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_r S_r \\ &= 1.0 \times 1.015 \times 5.00 \times 23.90 \times 1.000 + 1.015 \times 5.900 \times 14.40 \times 1.000 \\ &\quad + 1/2 \times 19.00 \times 1.0 \times 1.966 \times 8.90 \times 0.798 \\ &= 340.20 && (\text{KN/m}^2) \end{aligned}$$

ここに、 Q_u : 荷重の偏心傾斜等を考慮した地盤の極限支持力(KN)

B_e : 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅(m)

$$\begin{aligned} B_e &= B_2 - 2e \\ &= 2.500 - 2 \times 0.267 \\ &= 1.966 && (\text{m}) \end{aligned}$$

κ : 根入れ効果に対する割増係数

$$\begin{aligned} \kappa &= 1 + 0.3 \cdot D_f' / B_e \\ &= 1 + 0.3 \times 0.10 / 1.966 \\ &= 1.015 \end{aligned}$$

D_f' : 支持地盤への根入れ深さ(m)

$$D_f' = 0.10 \quad (\text{m})$$

D_f : 基礎の有効根入れ深さ(m)

$$D_f = 0.30 \quad (\text{m})$$

γ_1 : 支持地盤の単位重量(KN/m³)

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{KN/m}^3)$$

γ_2 : 根入れ地盤の単位重量(KN/m³)

$$\gamma_2 = 20.00 \quad (\text{KN/m}^3)$$

q : 上載荷重(KN/m²)

$$\begin{aligned} q &= D_f' \cdot \gamma_1 + (D_f - D_f') \cdot \gamma_2 \\ &= 0.10 \times 19.00 + (0.30 - 0.10) \times 20.00 \\ &= 5.900 && (\text{KN/m}^2) \end{aligned}$$

c : 地盤の粘着力

$$c = 5.00 \quad (\text{KN/m}^2)$$

α 、 β : 形状係数

$$\alpha = 1.0 \quad , \quad \beta = 1.0 \quad (\text{帯状})$$

Sc、Sq、Sr : 支持力係数の寸法効果に関する補正係数

$$S_c = (C^*)^\lambda = (1.000)^{-1/3} = 1.000$$

$$\text{ここに、} C^* = c/c_0 = c/10 = 5.00/10$$

$$= 0.500$$

$$= 1.000 \quad \text{ただし、} 1 \leq C^* \leq 10$$

$$S_q = (q^*)^v = (1.000)^{-1/3} = 1.000$$

$$\text{ここに、} q^* = q/q_0 = q/10 = 5.900/10$$

$$= 0.590$$

$$= 1.000 \quad \text{ただし、} 1 \leq q^* \leq 10$$

$$S_r = (B^*)^u = (1.966)^{-1/3} = 0.798$$

$$\text{ここに、} B^* = B_e/B_0 = B_e/1.0 = 1.966/1.0$$

$$= 1.966$$

$$= 1.966 \quad \text{ただし、} 1 \leq B^*$$

Nc、Nr、Nq : 荷重傾斜を考慮した支持力係数

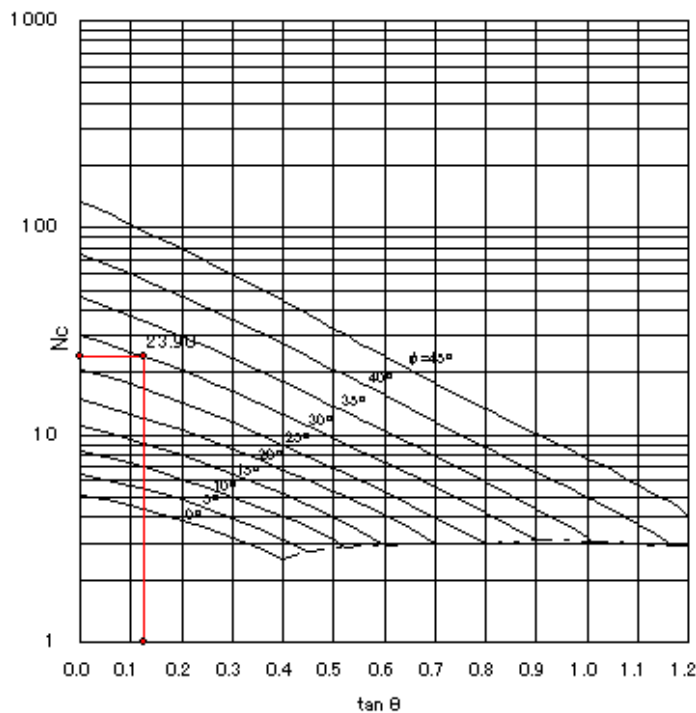
$$\left\{ \begin{array}{l} \tan \theta = \Sigma H / \Sigma V \\ \quad = 18.508 / 145.984 \\ \quad = 0.127 \\ \phi = 30.00 \quad (^\circ) \end{array} \right.$$

「道路橋示方書・同解説Ⅳ編」P274～275の図-解10.3.1～10.3.3より

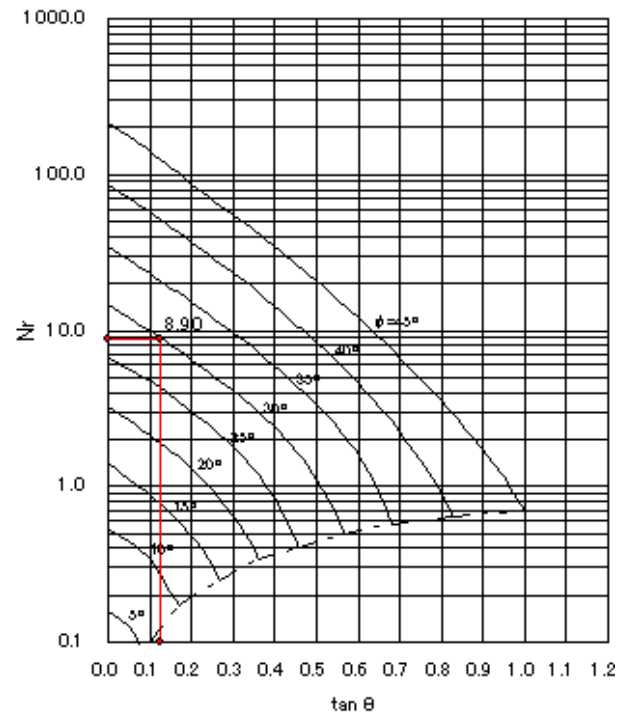
$$N_c = 23.90$$

$$N_q = 14.40$$

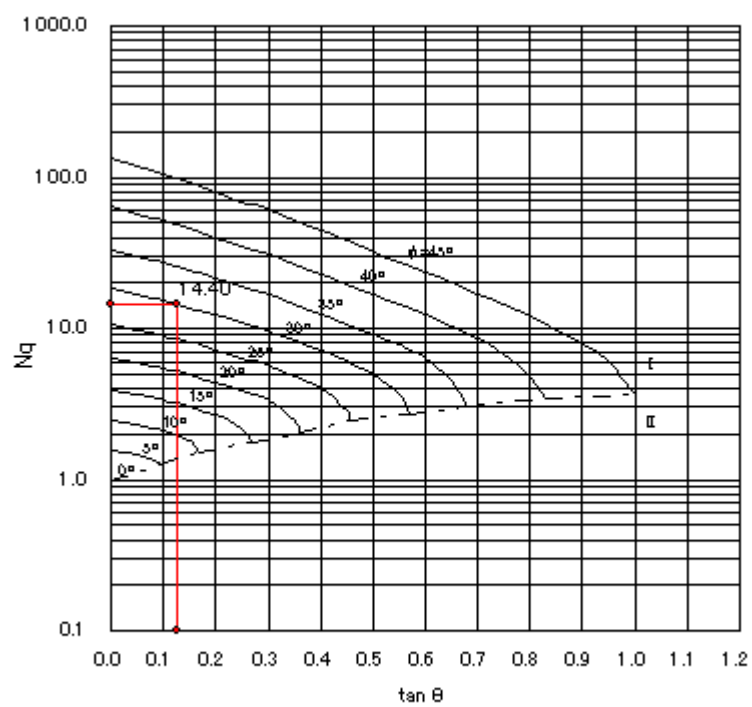
$$N_r = 8.90$$



支持力係数(Nc)グラフ



支持力係数(Nr)グラフ



支持力係数(N_q)グラフ

4-2-2. 支持力係数について

支持力係数 N_c, N_r, N_q の値は、基本的には道路橋示方書の図-解 10.3.1~10.3.3 の支持力係数グラフからの読み取りを重視した設定法を用いています。内部摩擦角 ϕ や $\tan \theta$ が中間の場合は、補間法にて値を求めています。

なお、支持力係数 N_c, N_q については、駒田式などからある程度算定することもできますが、示方書のグラフの値と微妙に(場合によっては大きく)合わない場合もあるため、グラフからの読み取りを主としています。付加支持力に関する N_r については、基本的に解析的に求めることが困難であるため、これもグラフからの読み取りを主としています。

また現バージョンでは、 N_q について領域Ⅱに入った場合は支持力係数 $N_q=0$ としています。この領域Ⅱに入った場合は、下記の画面が表示され、 N_q 値を手動設定するよう促されます。画面に従い、変更欄に N_q 値を入力し「変更を確定」のボタンを押して下さい。

なお、この変更画面は他の支持力係数についても同様に、値を変更(調整)することが可能です。

計算結果一覧表

計算を正常に終了しました。

擁壁計算結果 | 防護柵計算結果 | 支持力係数 | 計算ログ

注) 一部のケースで N_q 値が領域Ⅱに入り、 $N_q=0$ となりました。 N_q 値を変更する場合は手動で入力して下さい。

■支持力係数一覧表(値の変更が可能です) (地盤の内部摩擦角 $\phi = 13^\circ$)

支持力係数	常時	堆積時	地震時	落石時①(柵衝突時)
($\tan \theta$)	0.029	0.379		0.066
N_c (計算値)	9.20	4.80		8.80
(変更値)	9.20	4.80		8.80
N_q (計算値)	3.00	0.00		2.90
(変更値)	3.00	0.00		2.90
N_r (計算値)	0.83	0.00		0.71
(変更値)	0.83	0.00		0.71

注3) 落石時②(壁衝突時)の支持力係数は、繰返し計算が必要なため、係数の変更は出来ません。

注1) 支持力係数を変更した場合は、下記ボタンを押して確定させて下さい。

支持力係数の変更を確定

注2) 支持力係数を「計算値」に戻す場合は、下記ボタンを押して下さい。

支持力係数を「計算値」に戻す

Nq が領域Ⅱに入った場合、自動計算では $N_q=0$ となります。その場合、変更欄に直接、値を入力してください。

変更値を確定するにはこのボタンを押して下さい。

■総合評価 × 擁壁安定性がOut! 結果一覧表印刷 再計算 閉じる

4-3. 落石時の計算について

落石時の計算は、防護柵に衝突する場合と、擁壁に衝突する場合について計算可能です。前者は落石防護擁壁(柵併用)もしくは落石防護柵基礎の場合、後者は落石防護擁壁(柵併用もしくは壁単独)の場合に適用されます。

落石時の計算理論は「落石対策便覧」のP146～174に詳しく記述されています。なお、擁壁に落石が衝突した場合の安定検討(本ツールでは落石時②としています)をおこなう際には、落石対策便覧では背面が鉛直の場合のみに対して定式化されていることを考慮の上、擁壁形状を設定するよう留意して下さい。ただし、垂直でない場合でも計算は可能です。

(本ツールでは、落石時②の検討をおこなう設定で、しかも擁壁背面の勾配が垂直でない場合は、「擁壁条件」ウインドウ内に垂直でない旨の「注記」が表示されます。)