

第3部 ブロック積み擁壁の安定計算についての解説

- ブロック積み擁壁の概念 (1)(2)(3)
- ブロック積み擁壁の設計方法 (1)(2)
- ブロック積み擁壁の安定照査
- 示力線法による転倒照査 (1)(2)(3)(4)(5)
- 示力線法による転倒照査 計算例 (1)(2)
- ブロック積み擁壁の支持力照査

ブロック積み擁壁の概念 (1)

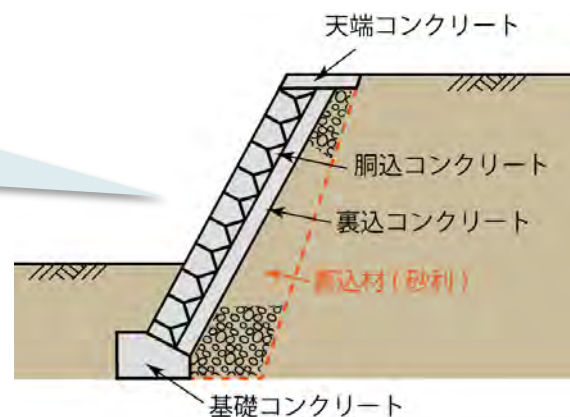
ブロック積み擁壁

古くからの伝統的工法である石積から発達した擁壁形式

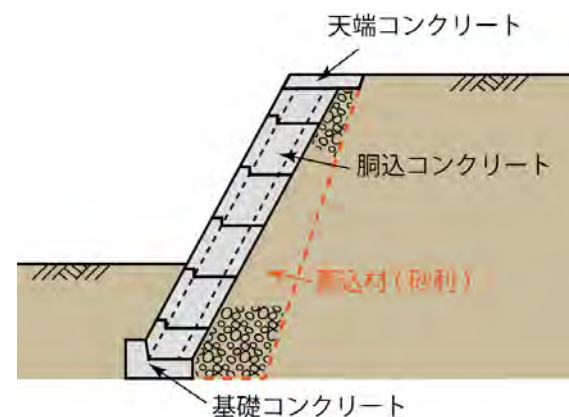
自立性に欠き、背面土にもたれた状態で自重によって土圧に抵抗する形式の擁壁

- 基本的に既製ブロックを使用した**練積み構造**（胴込コンクリート・裏込コンクリートで一体化させる）
- 基礎や背面土が比較的安定した地盤に適する
- 一般的には**壁高5m程度以下**で用いられていることが多い
- 重要度の高くない箇所に用いられる
- 理論的な安全性確保の設計計算が困難とされ、**慣習的な設計法**が用いられている
- 大型ブロック**を使用した擁壁では**もたれ式擁壁**として扱う場合が多い

控長35cmブロックのことを
間知ブロックと呼ぶ



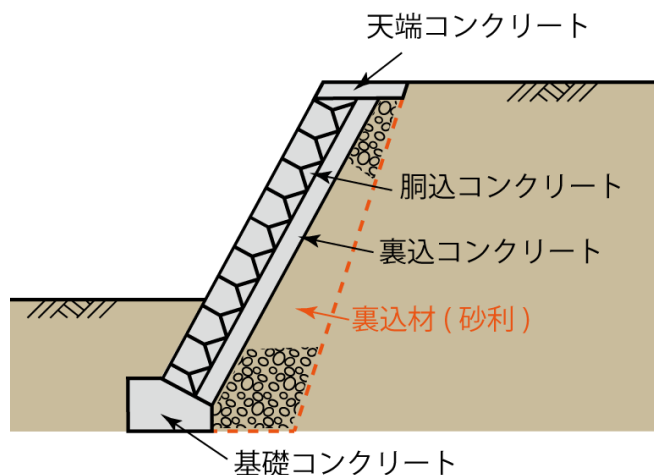
ブロック積み擁壁



大型ブロック積み擁壁

ブロック積み擁壁の概念 (2)

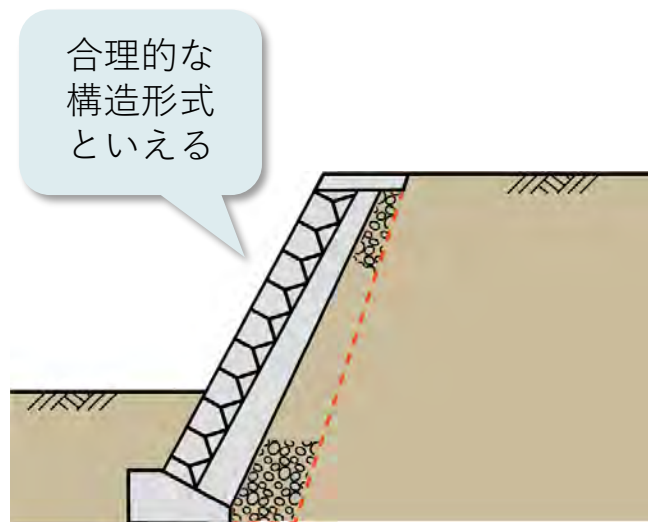
ブロック積み擁壁の構造による違い



裏込コンクリートが**等厚**の場合



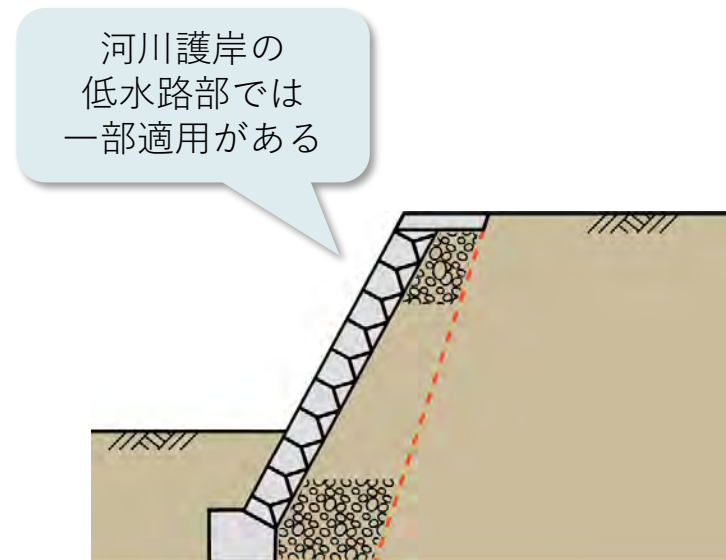
「道路土工擁壁工指針」をはじめ、
各指針や基準の**標準的構造**



裏込コンクリートの**厚さが変化**する場合



「盛土等防災マニュアル」や地方自治体の基準などで扱われている構造



裏込コンクリート**無し**の場合



小規模擁壁に限られるが、
「道路土工擁壁工指針」等では、
原則認められていない

ブロック積み擁壁の概念 (3)

空積みのブロック(石)積み擁壁

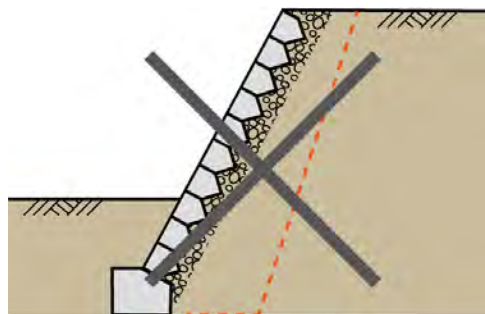
空積み：胴込コンクリートや裏込コンクリートを**打設せず**に、ブロックや間地石をそのまま積み上げる施工法
コンクリートやモルタルの変わりに、大小の割栗石や砂利を間詰めして一体化を図る



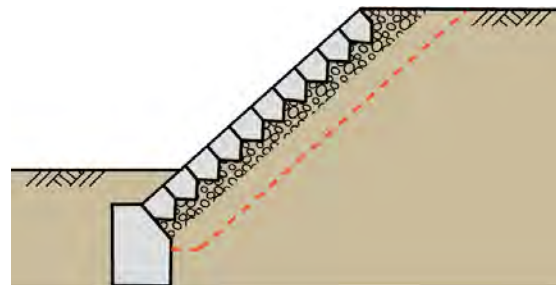
近年、ブロック積み擁壁の構造形式として空積み施工は**認められていない**

河川護岸の低水路部などでは

- 法面勾配1割未満：ブロック積み護岸 ⇒ 練積みで施工することとする（空積みは、原則、認められていない）
- 法面勾配1割以下：平張ブロック護岸 ⇒ 練積みと空積みは、現場条件によって使い分けることができる



空積みのブロック積み擁壁



空積みの平張ブロック護岸

ブロック積み擁壁の設計方法 (1)

通常のブロック積み擁壁の特徴

- 施工が容易であるが、**施工品質には課題**がある
- 耐震性には劣るが、**迅速な修復**が可能である
- 背面や基礎地盤には**比較的良好な地盤条件**が求められる



「**経験に基づく設計法**」により行う
(道路土工擁壁工指針)

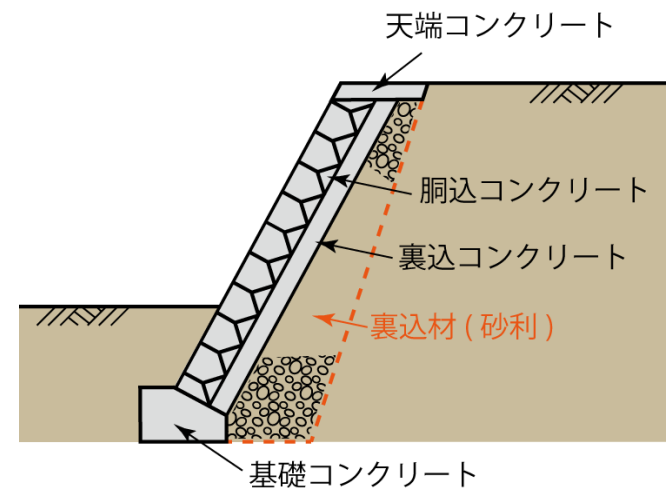


各基準で用意された
「**標準設計図集**」から
決定 (設計計算無し)



示力線法(転倒照査)など
の設計計算

通常、盛土部の擁壁では**5m以下**とされている



通常のブロック積み擁壁

直高と背面勾配(ブロック控長: 35cm以上)

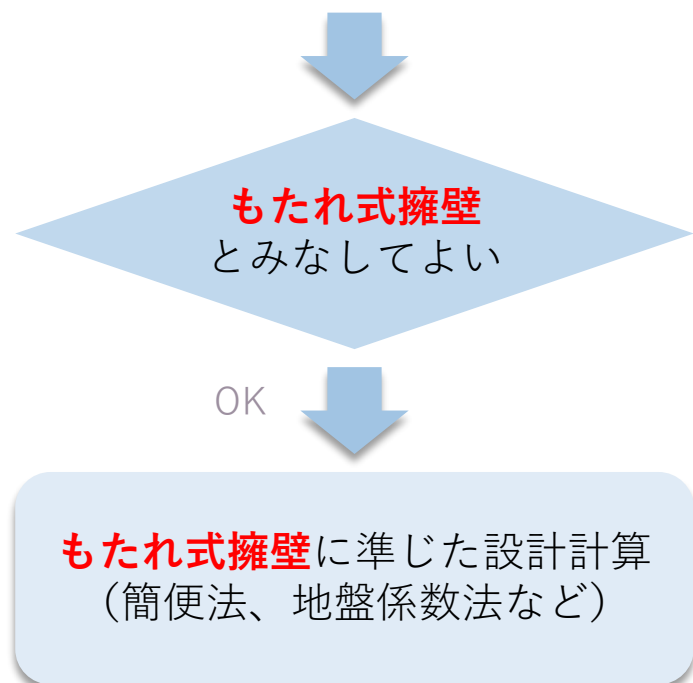
直高(m)		~1.5	1.5 ~ 3.0	3.0 ~ 5.0	5.0 ~ 7.0
背面勾配	盛土	1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5	—
	切土	1 : 0.3	1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5
裏込コンクリート (cm)		5.0	10.0	15.0	20.0

道路土工擁壁工指針より

大型ブロック積み擁壁の特徴

- 結合性の高いブロック構造が多い（サイズも多様にある）
- 胴込コンクリートや裏込コンクリートでの結合効果が高い
- 差筋などを用いて結合性を高めることができる
- 施工品質を保ちやすく、施工後の機能安定性に期待できる

コンクリート擁壁と同等の
剛な構造物として扱われる
のが一般的となっている



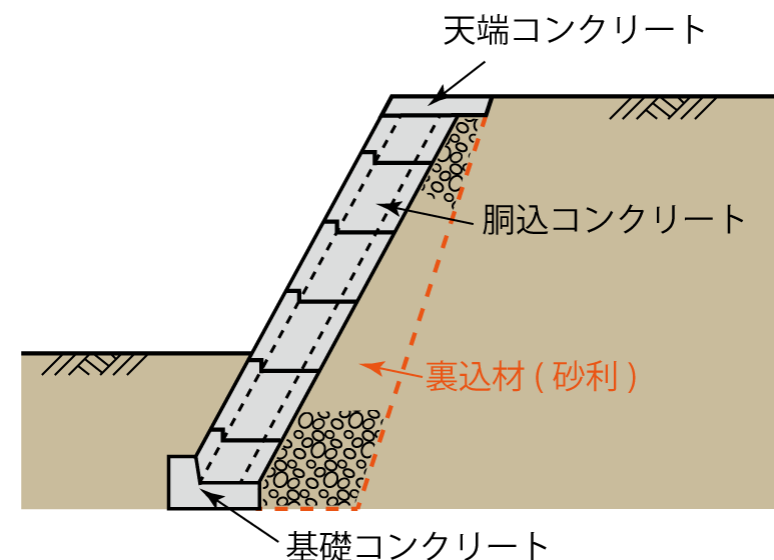
NG

通常のブロック積み擁壁
と同等の設計計算

OK

もたれ式擁壁に準じた設計計算
(簡便法、地盤係数法など)

道路土工指針等では、いず
れも**壁高8m以下**となること
を原則としている



大型ブロック積み擁壁

ブロック積み擁壁の安定照査

経験に基づく設計法の一つとして、**慣習的な計算法**が用いられている
(理論的な安全性確保の設計計算が困難とされている)



背面や基礎地盤が比較的良質な箇所で用いられることが多い

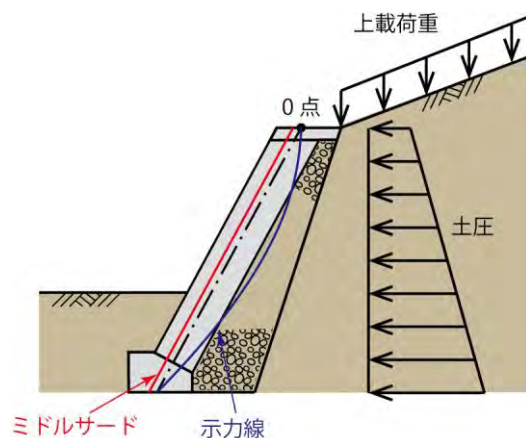


示力線法による転倒照査を主体として設計されている

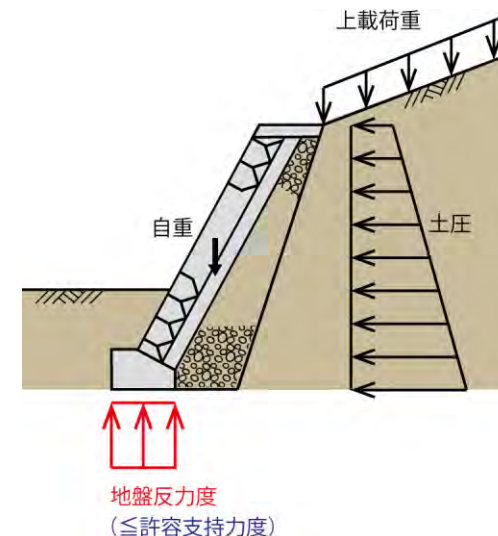
一般的に**滑動照査**は対象とされていない

転倒照査
示力線法

本来、示力線法は
常時を対象とした
計算手法



支持力照査
基礎地盤が通常地盤
であれば**省略してよい**



【常時】

● ブロックの自重 V_b (kN)



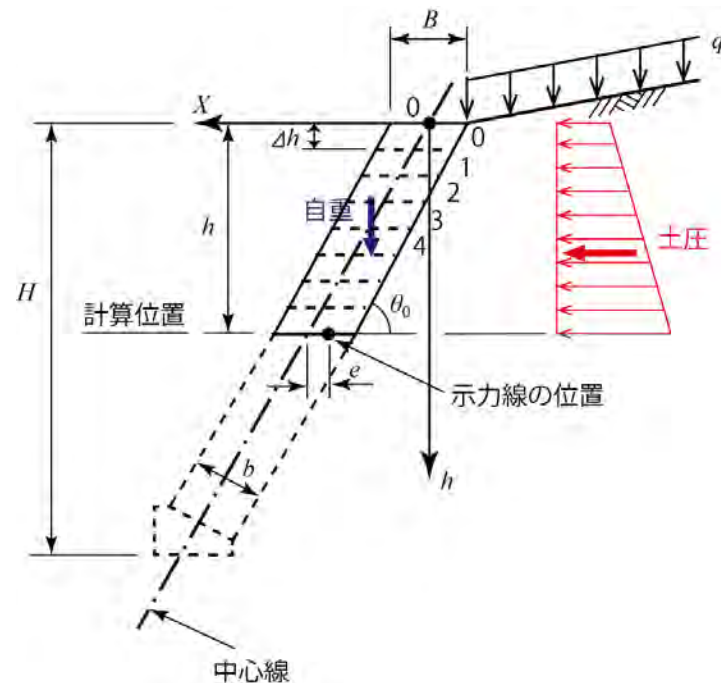
抵抗力として作用

●常時の主働土圧 P_A (kN)



転倒力として作用

L：ブロック積み擁壁の延長(m)
 K_A：常時の主働土圧係数
 q：上載荷重(kN/m²)
 H：ブロック積み擁壁の全高(m)



土圧計算方法は
試行くさび法を
用いてもよい

示力線法による転倒照査(2)

【常時】

計算位置 h (m) ごとの作用力

● 示力線の位置 X_h (m)

● ミドルサードの位置 X' (m)

ΣM : 転倒モーメントの合計値 (kN・m)

ΣV : 鉛直力の合計値 (kN・m)

h : ブロック天端から計算位置までの鉛直距離 (m)

θ_0 : ブロック法面と水平面のなす角 (度)

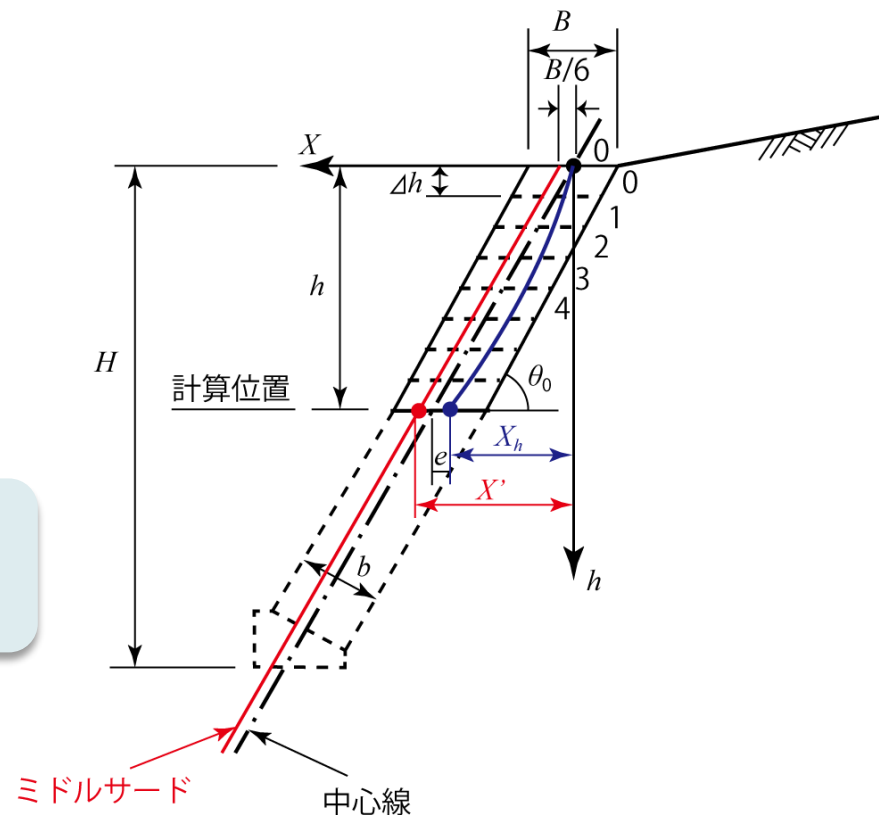
B : ブロック積みの厚さの水平距離 (m)

計算式の第2項 :

h 軸からブロック中心線
までの水平距離の計算

ΣV は、**ブロック擁壁の自重** が主体

ΣM は、**土圧等作用力による転倒力** が主体



計算位置 h (m) ごとの作用力

$X_h \leq X'$ であればOK、 $X_h > X'$ であればNG

X_h : 示力線の位置(m)
 X' : ミドルサードの位置(m)

示力線が
ミドルサード(1/6)
を超えたらNG

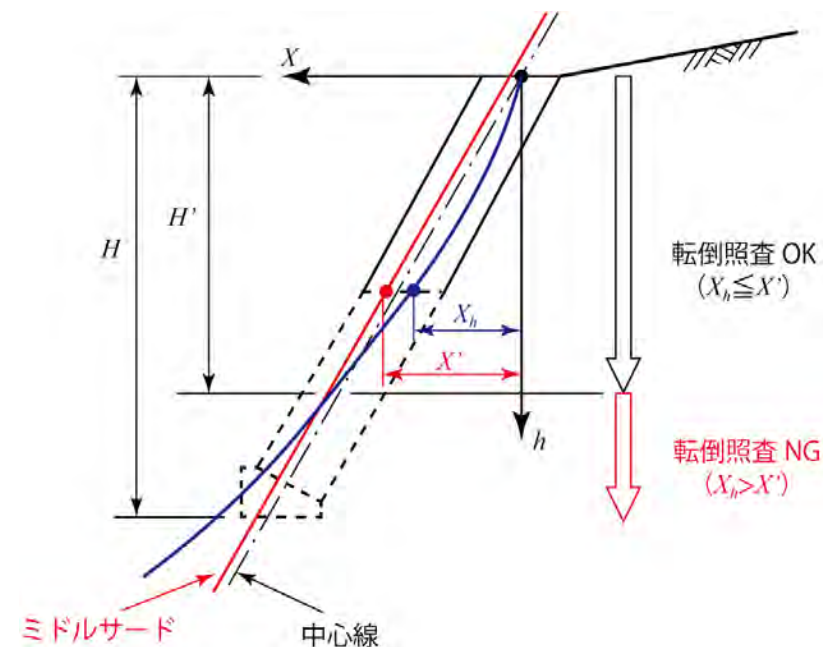
●天端位置から擁壁高さH(m)までの示力線判定

全範囲で $X_h \leq X'$ が成立

転倒照査OK

途中から $X_h > X'$ となる

転倒照査NG



示力線判定が途中からNG($X_h > X'$)となった場合

示力線法による転倒照査(4)

【地震時】

計算位置 h (m) ごとの作用力

- ブロックの自重 V_b (kN)
- ブロックの自重による地震時慣性力 $V_b \cdot k_h$ (kN)
- 地震時の主働土圧 P_{AE} (kN)

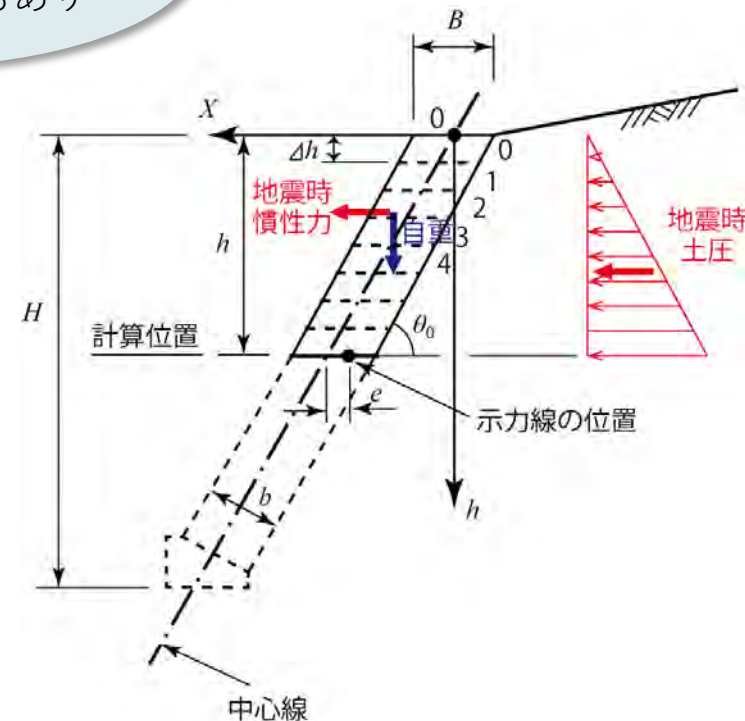
地震時には

- ・ 地震時土圧が作用 ⇒ 転倒力
- ・ 地震時慣性力が作用 ⇒ 転倒力

転倒照査の判定は 設計震度が
大きい場合は厳しくなる
(照査指標) $B/3 + h/\tan \theta_0$

- ① 通常、地震時は上載荷重を考慮しない
- ② 照査線がミドルサードではない (地震時は $B/3$ が多い)

地震時や地下水位による
浮力や揚圧力を考慮
した場合は議論もあり



地震時の作用力(示力線法)

示力線法による転倒照査(5)

【水位考慮による浮力や揚圧力を考慮】

計算位置 h (m)ごとの作用力 kN

- ブロックの自重 $V_b(kN)$
- 常時の主働土圧(湿潤及び水中) $P_A(kN)$
- 静水圧 $P_w(kN)$
- ブロックに作用する **浮力又は揚圧力** $-U_p(kN)$

上向き
マイナス値

水位を考慮した場合は

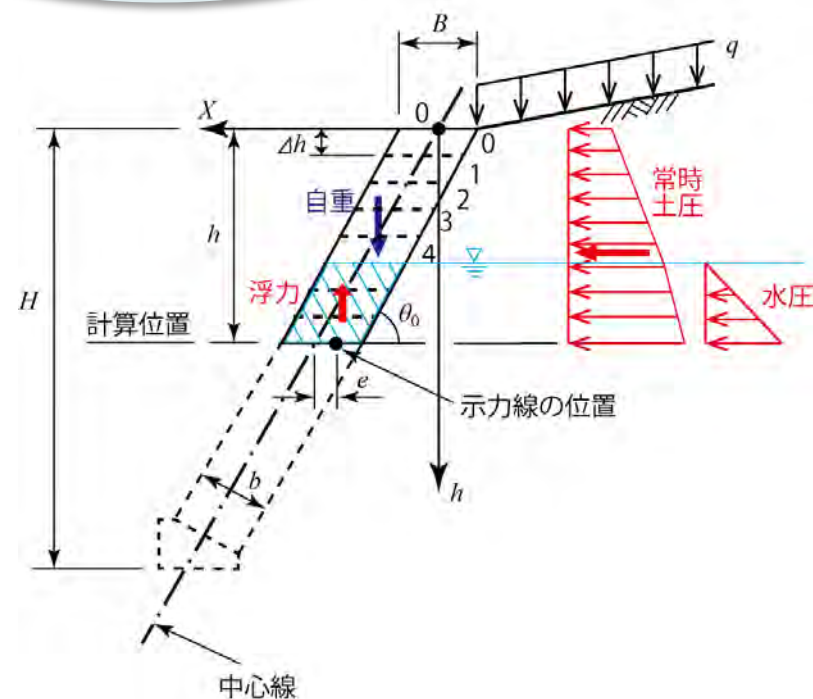
- ・ **水圧** が作用 ⇒ 転倒力
- ・ **浮力** 又は揚圧力が作用 ⇒ 転倒力

転倒照査の判定は

厳しくなる
照査指標： **ミドルサード(1/6)**

- ① 浮力(揚圧力)は、上向きの力で自重の鉛直力を低減させる
- ② 照査指標はミドルサード(1/6)で常時と同じ

地震時や地下水位による
浮力や揚圧力を考慮
した場合は議論もあり



水位考慮の常時の作用力(示力線法)

示力線法による転倒照査 計算例 (1)

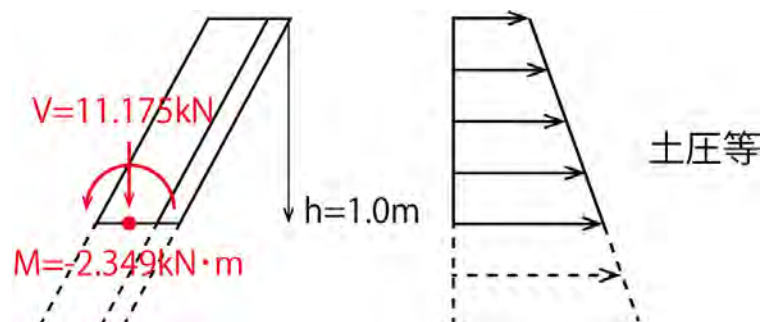
示力線法による計算は、ブロック積み擁壁の天端から下端までを分割し、擁壁天端を始点として分割した計算位置ごとに順に計算を行っていく。

計算位置 $h=1.0\text{m}$ での計算例を示す。

計算位置 $h = 1.0 \text{ m}$ における作用力から生じる断面力 (M, V) は、

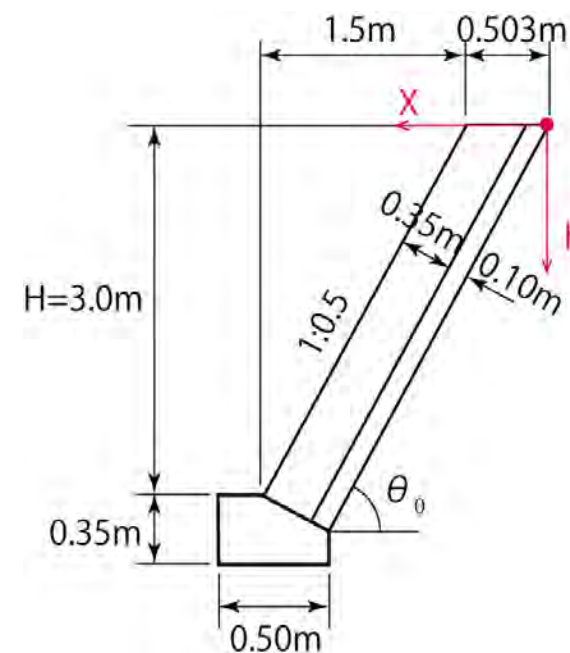
曲げモーメント $M = -2.349\text{kN} \cdot \text{m}$

鉛直力 $V = 11.175\text{kN}$



Mは主に1.0mより上範囲の作用土圧による
1.0m位置での転倒力
(転倒モーメント)

Vは主に1.0m位置より上範囲のブロック積みの自重による**鉛直力**



示力線法による転倒照査 計算例 (2)

示力点の位置 X_h

$$X_h = \frac{\sum M}{\sum V} + \frac{h}{\tan \theta_0} = \frac{-2.349}{11.175} + \frac{1.0}{2.0} = 0.290 \text{ m}$$

ミドルサイドの位置 X'

$$X' = \frac{B}{6} + \frac{h}{\tan \theta_0} = \frac{0.503}{6} + \frac{1.0}{2.0} = 0.584 \text{ m}$$

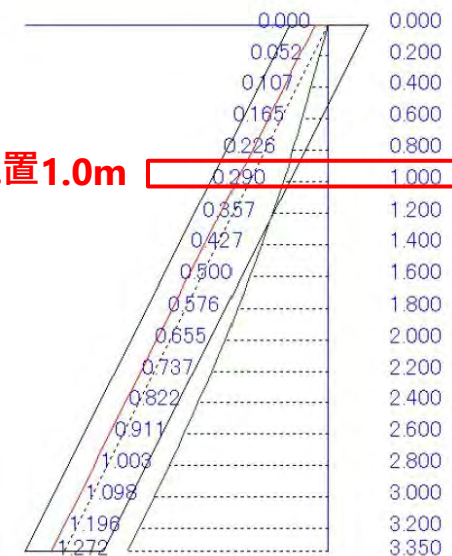
$$X_h = 0.290 \text{ m} \leq X' = 0.584 \text{ m} \quad \text{OK}$$

上記と同様の計算を $h = 0\text{m} \sim 3.35 \text{ m}$ 計算ピッチごと (0.20 m) で行う。

計算位置1.0m

深さh (m)	断面幅B (m)	ΣM (kN・m/m)	ΣV (kN/m)	示力線位置 X_h (m)	ミドルサイド X' (m)	判定
0.000	0.503	0.000	0.000	0.000	0.084	OK
0.200	0.503	-0.107	2.256	0.053	0.184	OK
0.400	0.503	-0.407	4.497	0.109	0.284	OK
0.600	0.503	-0.873	6.722	0.170	0.384	OK
0.800	0.503	-1.477	8.932	0.235	0.484	OK
1.000	0.503	-2.189	11.127	0.303	0.584	OK
1.200	0.503	-2.982	13.306	0.376	0.684	OK
1.400	0.503	-3.826	15.469	0.453	0.784	OK
1.600	0.503	-4.694	17.617	0.534	0.884	OK
1.800	0.503	-5.557	19.750	0.619	0.984	OK
2.000	0.503	-6.387	21.867	0.708	1.084	OK
2.200	0.503	-7.154	23.968	0.802	1.184	OK
2.400	0.503	-7.832	26.054	0.899	1.284	OK
2.600	0.503	-8.391	28.125	1.002	1.384	OK
2.800	0.503	-8.803	30.180	1.108	1.484	OK
3.000	0.503	-9.039	32.220	1.219	1.584	OK
3.200	0.503	-9.071	34.244	1.335	1.684	OK
3.350	0.503	-8.944	35.752	1.425	1.759	OK

計算位置1.0m



ブロック積み擁壁の天端から下端までの全範囲で示力線による照査判定OK



転倒照査OK

ブロック積み擁壁の支持力照査

支持力照査 : 基礎地盤が通常の地盤であれば**省略**してよい

基礎地盤が

- ・斜面上の基礎
- ・緩い砂質土地盤
- ・軟らかい粘性土地盤



支持力照査を行う

ブロック積み擁壁は**自重が小さく**
設置前の地山自重との差異が少ない
→基礎地盤への**負担も小さい**

ブロック積み擁壁の基礎コンクリート底面における支持力照査

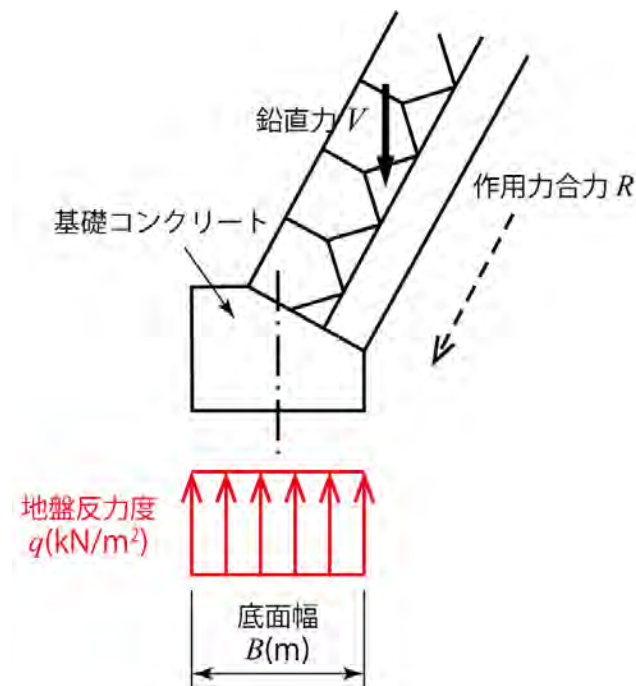
(道路土工)

(土地改良)

q : 基礎コンクリート底面の地盤反力度(kN/m^2)
 q_a : 基礎地盤の許容支持力度(kN/m^2)
 ΣV : 基礎コンクリート底面における全鉛直力(kN)
 B : 基礎コンクリート底面幅(m)
 L : ブロック積み擁壁の延長(m)
1.2 : 割増し率 (道路土工の場合)

一般擁壁のように地盤反力度の
台形分布では**算出しない**

もたれ式擁壁のような**剛な**
擁壁として扱わない場合は、
台形分布での算出は妥当性
に欠くともいえる



基礎コンクリートの地盤反力度