

落石防護補強土擁壁の計算

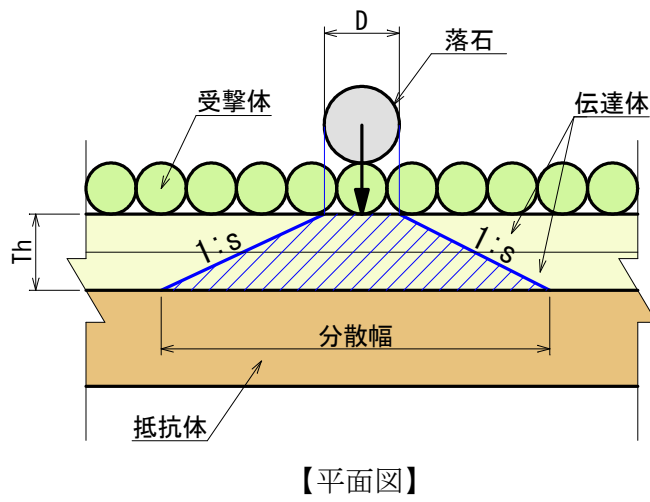
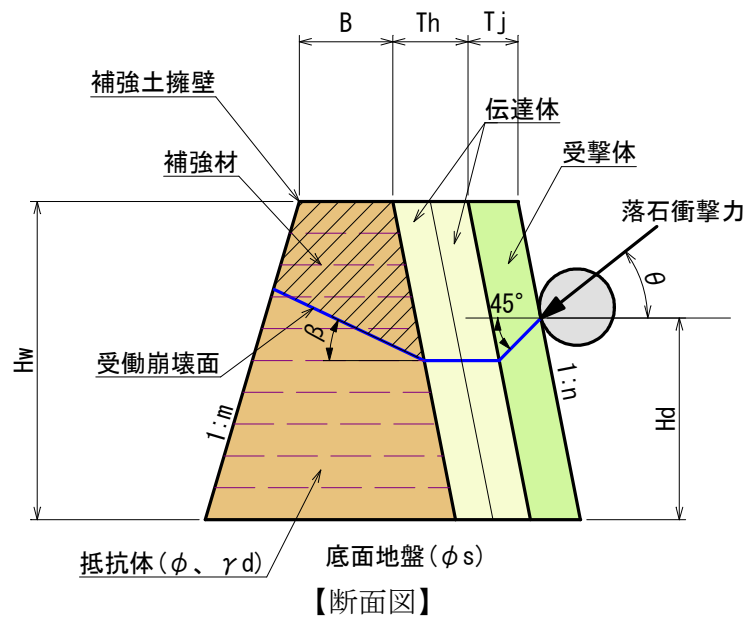
計算条件表

計算書タイトル		落石防護補強土擁壁の計算			
項目		記号	数値	単位	備考
落石条件	落石の直径	D	1.780	m	
	落石の単位体積重量	$\gamma$	25.50	kN/m <sup>3</sup>	
	落石の鉛直落下高	H	33.000	m	
	斜面の等価摩擦係数	$\mu$	0.150	-	
	斜面の傾斜角	$\theta$	45.000	度	
衝突条件	落石の衝突高	Hd	3.000	m	
	ラーメの定数	$\lambda$	1000	kN/m <sup>2</sup>	
	衝撃力の低減係数	$\alpha$	0.700	-	
擁壁形状	補強土擁壁の前面勾配	1: n	0.200	-	
	補強土擁壁の背面勾配	1: m	0.300	-	
	補強土擁壁の高さ	Hw	4.000	m	
	抵抗体の天端幅	B	1.300	m	
	伝達体の水平幅	Th	1.200	m	
	受撃体の水平幅	Tj	0.800	m	
	補強土擁壁の有効延長	L	16.000	n	壁高の4倍とする
抵抗体の土質条件	抵抗体の内部摩擦角	$\phi$	30.000	度	
	抵抗体の単位体積重量	$\gamma d$	19.000	kN/m <sup>3</sup>	
補強材	補強材の設計基準強度	T <sub>A</sub>	47.000	kN/m	
	補強材の敷設間隔	$\Delta h$	0.500	m	
内的安定条件	抵抗体受働崩壊角	$\beta$	30.00	度	
	荷重水平方向分散勾配	1: s	2.0	-	
	受働破壊に対する計画安全率	F <sub>sp</sub>	1.00	-	
外的安定条件	支持地盤の内部摩擦角	$\phi s$	30.000	度	
	転倒に対する計画安全率	F <sub>sm</sub>	1.00	-	
	滑動に対する計画安全率	F <sub>ss</sub>	1.00	-	
	支持地盤の許容支持力度	q <sub>a</sub>	200.0	kN/m <sup>2</sup>	



計算結果(安定照査)

外的安定	転倒に対する安全率	$F_s = 1.52 \geq F_{sm} = 1.00$ OK
	滑動に対する安全率	$F_s = 1.13 \geq F_{ss} = 1.00$ OK
	支持地盤の支持力度	$q = 59.11 \leq q_a = 200.0$ OK
内的安定	受働破壊に対する安全率	$F_s = 1.07 \geq F_{sm} = 1.00$ OK



落石防護補強土擁壁の計算

1.計算条件		落石防護補強土擁壁の計算			
項目		記号	数値	単位	備考
落石条件	落石の直径	D	1.780	m	
	落石の単位体積重量	$\gamma$	25.50	kN/m <sup>3</sup>	
	落石の鉛直落下高	H	33.000	m	
	斜面の等価摩擦係数	$\mu$	0.150	-	
	斜面の傾斜角	$\theta$	45.000	度	
衝突条件	落石の衝突高	Hd	3.000	m	
	ラーメの定数	$\lambda$	1000	kN/m <sup>2</sup>	
	衝撃力の低減係数	$\alpha$	0.700	-	
擁壁形状	補強土擁壁の前面勾配	1: n	0.200	-	
	補強土擁壁の背面勾配	1: m	0.300	-	
	補強土擁壁の高さ	Hw	4.000	m	
	抵抗力の天端幅	B	1.300	m	
	伝達体の水平幅	Th	1.200	m	
	受撃体の水平幅	Tj	0.800	m	
	補強土擁壁の有効延長	L	16.000	m	
抵抗力の土質条件	抵抗力の内部摩擦角	$\phi$	30.000	度	
	抵抗力の単位体積重量	$\gamma d$	19.000	kN/m <sup>3</sup>	
補強材	補強材の設計基準強度	T <sub>A</sub>	47.000	kN/m	
	補強材の敷設間隔	$\Delta h$	0.500	m	
内的安定条件	抵抗力受働破壊角	$\beta$	30.00	度	
	荷重水平方向分散勾配	1: s	2.0	-	
	受働破壊に対する計画安全率	F <sub>sp</sub>	1.0	-	
外的安定条件	底面地盤の内部摩擦角	$\phi s$	30.000	度	
	転倒に対する計画安全率	F <sub>sm</sub>	1.00	-	
	滑動に対する計画安全率	F <sub>ss</sub>	1.00	-	
	支持地盤の許容支持力度	q <sub>a</sub>	200.00	kN/m <sup>2</sup>	

2.計算結果(安定照査)

項目		記号	数値	単位	備考
落石荷重	落石の重量	W	75.30	kN	
	落石の衝撃力	P	4,408.50	kN	
	作用荷重	P <sub>o</sub>	2,182.10	kN	
落石エネルギー		E	2,323.38	kJ	
外的安定	転倒に対する安全率	F <sub>s</sub> = 1.52 $\geq$ F <sub>sm</sub> =1.00 OK			
	滑動に対する安全率	F <sub>s</sub> = 1.13 $\geq$ F <sub>ss</sub> =1.00 OK			
	支持地盤の支持力度	q = 59.11 $\leq$ q <sub>a</sub> =200.0 OK			
内的安定	受働破壊に対する安全率	F <sub>s</sub> = 1.07 $\geq$ F <sub>sm</sub> =1.00 OK			

### 3. 計算方法

#### 3.1 落石エネルギーの吸収メカニズム

- ① 受撃体に衝突した落石は、受撃体の変形によりエネルギーを吸収されるが、衝突の際に発生する衝撃力は受撃体内部を断面方向に $45^\circ$ で分散され、伝達体に伝播する。
- ② 伝達体内部では衝撃力を水平方向に高角度(1:2)で分散させ、変形しながら抵抗体に伝播させる。
- ③ 最後の抵抗体では、伝播された衝撃力により、抵抗体内部が断面方向に一定角度 $\beta$  ( $30.0^\circ$ )で破壊線を与えるように変形すると考えられる。このとき、破壊線より上部の土塊と補強材(ジオテキスタイル)の抵抗で、衝撃力に抵抗し、落石を完全に制止させる。

#### 3.2 安定照査方法

落石防護補強土擁壁(ダイク型)の安定検討は、外的安定と内的安定について行う。

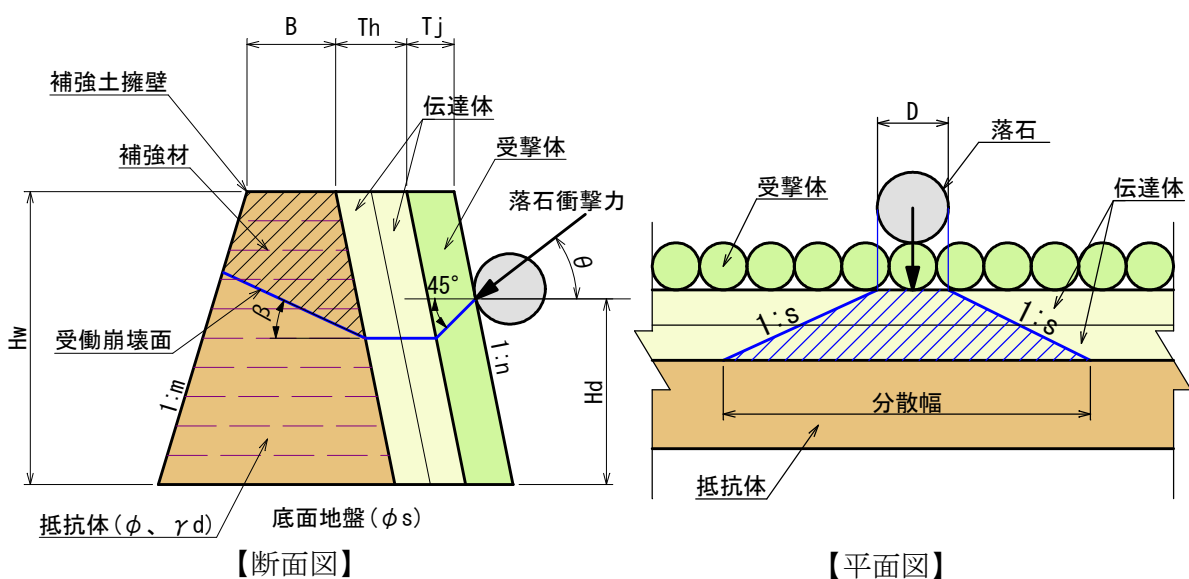
##### ① 外的安定照査

外的安定は、衝撃伝達体と抵抗体を一体とした重力式擁壁と見なし、滑動と転倒について安定照査を行うものとする。

補強土擁壁は擁壁の変形性能で衝撃を吸収するため、衝突箇所だけが変形し外的挙動は発生しない。そのため擁壁の自重について支持地盤の支持力度を照査する。

##### ② 内的安定照査

内的安定は、作用力とすべり土塊の自重による簡易すべり解析法(極限つり合い法)により、安全率を照査する。

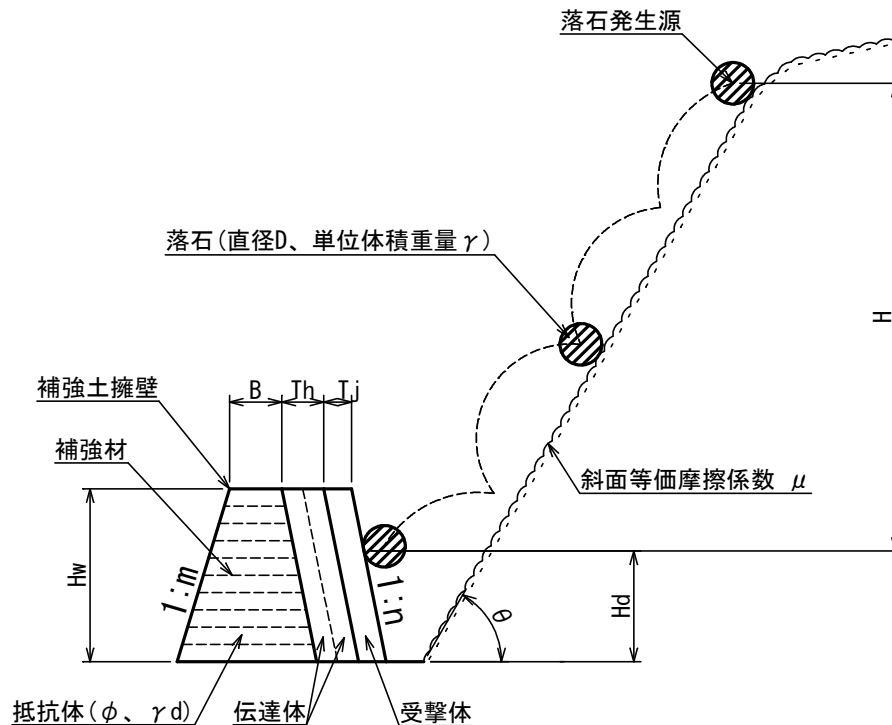


#### 4. 落石衝撃力の計算

項目	記号	数値	単位	備考
落石の体積	V	2.953	m <sup>3</sup>	$V = \pi D^3 / 6$
落石の単位体積重量	$\gamma$	25.5	kN/m <sup>3</sup>	
落石の重量	W	75.30	kN	$W = V \cdot \gamma$
換算落下高	H'	28.1	m	$H' = (1 - \mu / \tan \theta) \cdot H$
ラーメの定数	$\lambda$	1000	kN/m <sup>2</sup>	
落石の入射角	$\theta$	45.000	度	斜面傾斜角と仮定する
落石衝撃力(振動便覧式による)	P	4,408.50	kN	$P = 2.108 \times W^{2/3} \times \lambda^{2/5} \times H'^{3/5}$
落石衝撃力の水平成分	Ph	3,117.28	kN	$Ph = P \cdot \cos \theta$
作用荷重	Po	2,182.10	kN	$Po = Ph \cdot \alpha$ ( $\alpha$ : 低減係数)

#### 5. 落石エネルギーの計算 (参考計算)

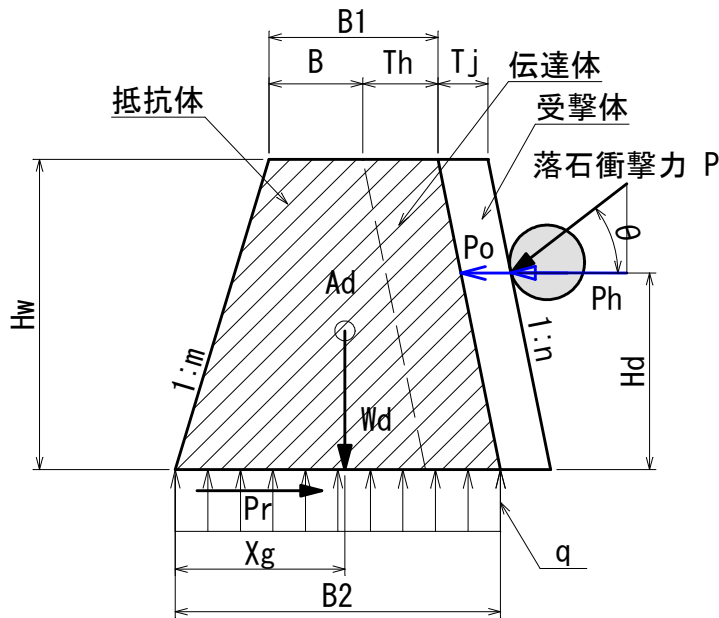
項目	記号	数値	単位	備考
落石の体積	V	2.953	m <sup>3</sup>	$V = \pi D^3 / 6$
落石の単位体積重量	$\gamma$	25.5	kN/m <sup>3</sup>	
落石の重量	W	75.30	kN	$W = V \cdot \gamma$
回転エネルギー係数	$\beta$	0.100	-	
$(1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta)$ の計算値	K	0.935	-	$K = (1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta)$
$(1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta)$ の採用値	K'	0.935	-	$K \leq 1.0$ なので計算値を採用
落石エネルギー	E	2,323.38	kJ	$E = K' \cdot W \cdot H$



【全体断面略図】

6. 外的安定計算

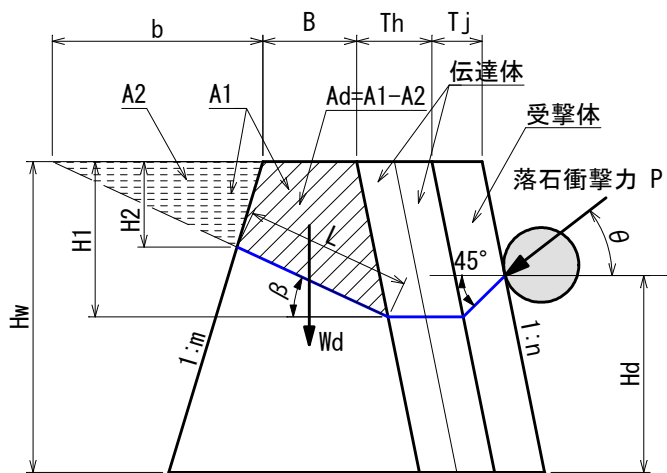
項目	記号	数値	単位	備考	
擁壁の重量 (抵抗体と伝達体)	天端幅	B1	2.500	m	$B1=B+Th$
	底面幅	B2	4.500	m	$B2=B1+(n+m) \cdot H$
	断面積	Ad	14.000	m <sup>2</sup>	$Ad=1/2 \cdot (B1+B2) \cdot H$
	有効延長	L	16.000	m	
	重量	Wd	4,256.00	kN	$Wd=Ad \cdot \gamma \cdot L$
転倒に対する照査	作用荷重	Po	2,182.10	kN	
	作用位置	Hd	3.000	kN	
	重心位置	Xg	2.340	m	$Xg=1/3(B2+m \cdot H+B1(m \cdot H+B1))/(B1+B2)$
	転倒モーメント	Md	6,546.30	kN・m	$Md=Po \cdot Hd$
	抵抗モーメント	Mr	9,959.04	kN・m	$Mr=Wd \cdot Xg$
	転倒安全率	Fs	1.52	-	$Fs=Mr/Md$
	判定	-	$Fs \geq 1.00$ OK		
滑動に対する照査	作用荷重	Po	2,182.10	kN	
	滑動抵抗力	Pr	2,457.20	kN	$Pr=Wd \cdot \tan \phi \cdot s$
	滑動安全率	Fs	1.13	-	$Fs=Pr/Po$
	判定	-	$Fs \geq 1.00$ OK		
支持地盤の支持力 に対する照査	地盤反力度	q	59.11	kN/m <sup>2</sup>	$q=Wd/(L \cdot B2)$
	許容支持力度	qa	200.0	kN/m <sup>2</sup>	
	判定	-	$q \leq qa=200.0$ OK		



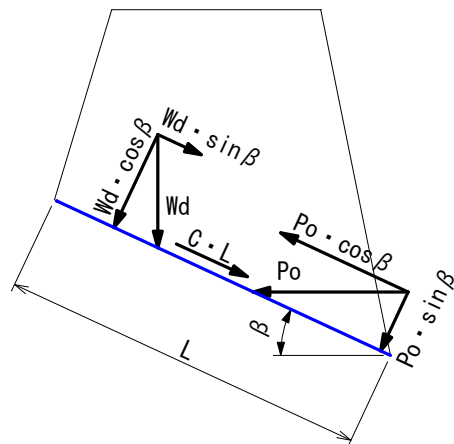
【外的安定検討図】

7. 内的安定計算

項目	記号	数值	単位	備考	
抵抗幅の計算	落石径	D	1.780	m	
	伝達体幅	Th	1.200	m	
	分散勾配	1: s	2.000	-	
	抵抗幅	$W_T$	6.580	m	$W_T = D + 2 \cdot Th \cdot s$
抵抗土塊の断面積計算	抵抗体上幅	B	1.300	m	
	受撃体幅	Tj	0.800	m	
	衝突高	Hd	3.000	m	
	前面勾配	1: n	0.200	-	
	背面勾配	1: m	0.300	-	
	受働崩壊角	$\beta$	30.00	度	
	崩壊前面高	H1	1.667	m	$H1 = H - Hd + Tj / (1 + n)$
	仮想幅	b	1.254	m	天端延長線と崩壊面の交点幅
	崩壊背面高	H2	0.617	m	$H2 = b / (1 / \tan \beta + m)$ , $b < 0$ なら $H2 = 0$
	全面積	A1	2.129	m <sup>2</sup>	$A1 = 1/2 \cdot (B + b) \cdot H1$
	仮想面積	A2	0.387	m <sup>2</sup>	$A2 = 1/2 \cdot b \cdot H2$
	土塊面積	Ad	1.742	m <sup>2</sup>	$Ad = A1 - A2$
抵抗力の計算	単位重量	$\gamma d$	19.000	kN/m <sup>3</sup>	
	土塊重量	Wd	33.10	kN	$Wd = Ad \cdot \gamma d$
	内部摩擦角	$\phi$	30.000	度	
	土圧係数	Kp	3.000	-	$Kp = (1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$
	補強材強度	$T_A$	47.000	kN/m	
	補強材間隔	$\Delta h$	0.500	m	
	見掛け粘着力	C	81.41	kN/m <sup>2</sup>	$C = T_A \cdot Kp^{1/2} / (2 \cdot \Delta h)$
	すべり面長	L	2.100	m	$L = (H1 - H2) / \sin \beta$
	受働崩壊角	$\beta$	30.00	度	
受働破壊 (内部すべり) に対する照査	抵抗力(m当り)	Pr1	204.06	kN/m	$Pr = Wd(\sin \beta + \cos \beta \cdot \tan \phi) + C \cdot L$
	すべり力	Ps	1,259.84	kN	$Ps = Po(\cos \beta - \sin \beta \cdot \tan \phi)$
	抵抗力	Pr	1,342.71	kN	$Pr = Pr1 \cdot W_T$
	安全率	Fs	1.07	-	$Fs = Pr / Ps$
判定	-	Fs $\geq$ 1.00 OK			



【内的安定検討図】



【すべり力と抵抗力のつり合い図】