

試用版

仮設防護柵工の計算

落石編

仮設防護柵の基礎設計の考え方は(財)鉄道総合研究所の「落石対策技術マニュアル」(H11.3)に記載されている落石止柵の基礎設計法に準拠した。

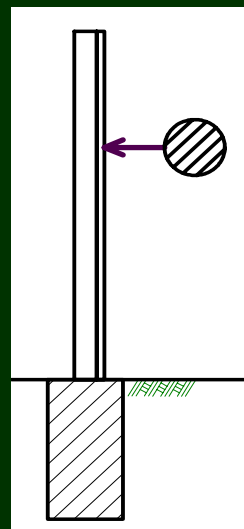
Ver 2.0

(有)シビルテック 洋洋

2005.01.18

you@civiltec.co.jp

<http://www.civiltec.co.jp/>



盛土に対する計算は「仮設防護柵・盛土編」をご利用下さい。
堆積土に対する計算は「仮設防護柵・堆積土編」をご利用下さい。
風荷重に対する計算は「仮設防護柵・風荷重編」をご利用下さい。

本ソフトは試用版として利用できますが仮設防護柵の高さ入力に制限があります。
制限を解除するためには下の制限解除ボタンを押してパスワードを入力して下さい。
パスワードの入手方法についてはこちらをご覧ください。

パスワード入手法

制限解除

仮設防護柵の安定計算 (落石時の計算)

計算条件入力表

計算書タイトル		仮設防護柵・落石時の計算			
項目		記号	数値	単位	備考
防護柵	支柱の高さ(地上高)	T	7.500	m	
	支柱設置間隔	L	2.000	m	
	落石衝突高さ	Hs	5.000	m	
鋼矢板	鋼矢板の断面係数	Z _U	152	cm ³	1枚当たり
	壁高1m当たりの重量	W _U	1.177	kN/m ²	壁高1m当たり
	鋼矢板の許容応力度	σ _U	265	N/mm ²	仮設構造物工指針
H鋼	H鋼の断面係数	Z _H	1350	cm ³	
	H鋼の単位長さ重量	W _H	0.912	kN/m	
	H鋼の許容応力度	σ _H	210	N/mm ²	仮設構造物工指針
支持地盤	内部摩擦角		35.0	度	
	粘着力	C	5.0	kN/m ²	
	単位体積重量	s	21.0	kN/m ³	
	地表面の傾斜角		0.0	度	
基礎タイプ		Type6	Type-6.角柱基礎(Df/D' < 4の場合) ▼		
基礎データ	コンクリート単位重量	c	23.0	kN/m ³	
	底面と地盤の摩擦角		35.0	度	
円柱基礎	基礎の直径	D	0.500	m	
連続基礎	基礎の幅	B	1.000	m	
	基礎の有効長係数		1.5	-	1.0~1.5の範囲
直接基礎	基礎の高さ(根入れ)	Df	1.000	m	
	基礎の奥行き	W	1.500	m	
角柱基礎	基礎の幅	B	1.000	m	
	基礎の奥行き	W	1.000	m	
	基礎の換算幅 D'= $\sqrt{B*W}$	D'	1.000	m	自動計算

注-1) 円柱基礎の場合、基礎の直径Dを入力して、必要根入れDfを計算します。

注-2) 連続基礎の場合、基礎の幅Bを入力して、必要根入れDfを計算します。

注-3) 直接基礎の場合、基礎の根入れDfと奥行きWを入力して、必要幅 Bを計算します。

注-4) 角柱基礎の場合、基礎の幅Bと奥行きWを入力して、必要根入れDfを計算します。

落石による衝突荷重の計算

(1)計算条件	仮設防護柵・落石時の計算			
項目	記号	数値	単位	備考
支柱間隔	L	2.000	m	
支柱高さ	T	7.500	m	
落石衝突高さ	Hs	5.000	m	
鋼矢板の断面係数	Z _U	152	cm ³	1枚当たり
鋼矢板の許容応力度	σ _U	265	N/mm ²	
鋼矢板1m当たり重量	W _U	1.177	kN/m ²	1m当たり
H鋼の断面係数	Z _H	1350	cm ³	
H鋼の許容応力度	σ _H	210	N/mm ²	
H鋼の単位長さ重量	W _H	0.912	kN/m	

(2)計算手法

落石防止柵に落石が衝突した場合の基礎の挙動に関しては明らかにされていない。よって、当計算では次のように仮定して設計を行うものとした。

- ・落石は支柱間中央部の鋼矢板一枚に衝突するものとする。
- ・この際、鋼矢板または両端のH鋼が同時に降伏する場合の荷重を落石衝突荷重とする。

このようにして落石による衝突荷重を求めるのは、防止柵が壊れる前に基礎が破壊(転倒)する事を防ぐためである。

(3)衝突荷重の計算

鋼矢板が降伏するときの落石による荷重

落石が支柱間中央の鋼矢板一枚に衝突するものとする。

この時の落石による衝突荷重をP1とすると

鋼矢板の降伏モーメントは

$$M = P1 \times L/4 = \sigma_U \times Z_U$$

よって、

$$\begin{aligned} P1 &= 4 \cdot Z_U \cdot \sigma_U / L \\ &= 4 \times 152000 \times 265 / 2000 \\ &= 80560 \text{ (N)} \\ &= 80.5 \text{ (KN)} \end{aligned}$$

H鋼が降伏するときの落石による荷重

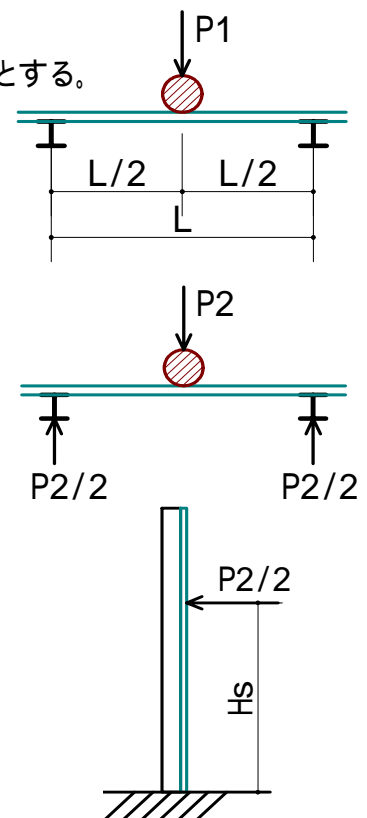
と同条件で落石による衝突荷重をP2とすると

H鋼の降伏モーメントは

$$M = P2 \times Hs/2 = \sigma_H \times Z_H$$

よって、

$$\begin{aligned} P2 &= 2 \cdot Z_H \cdot \sigma_H / Hs \\ &= 2 \times 1350000 \times 210 / 5000 \\ &= 113400 \text{ (N)} \\ &= 113.4 \text{ (KN)} \end{aligned}$$



算出した P1とP2を比較すると

P1が小さいので鋼矢板の方が先に降伏する

よって、防護柵に作用する落石衝突荷重(水平力)としてP1を採用する。

$$P = P1 = \underline{\underline{80.5 \text{ (KN)}}}$$

このとき、支柱の基礎天端に作用する外力は

・曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= P/2 \times H_s = 80.5/2 \times 5.000 \\ &= 201.25 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

・水平力

$$\begin{aligned} H &= P/2 = 80.5/2 \\ &= 40.25 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

・鉛直力

鋼矢板自重

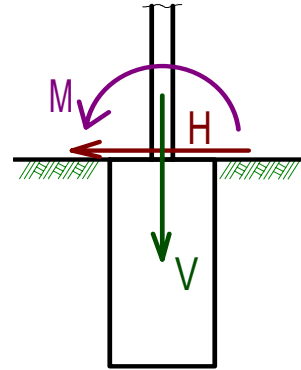
$$\begin{aligned} V1 &= W_u \times L \times T = 1.177 \times 2.000 \times 7.500 \\ &= 17.66 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

H鋼自重

$$\begin{aligned} V2 &= W_h \times T = 0.912 \times 7.500 \\ &= 6.84 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

合計

$$\begin{aligned} V &= V1+V2 \\ &= 24.50 \text{ (kN)} \end{aligned}$$



角柱基礎の安定計算 (Df/D' < 4 の場合、ここに、Df:根入れ長、D':基礎換算幅)

計算条件一覧表		仮設防護柵・落石時の計算			
項目		記号	数値	単位	備考
設計外力	曲げモーメント	M	201.25	kN・m	
	水平力	H	40.25	kN	
	鉛直力	V	24.50	kN	
基礎寸法等	基礎の幅	B	1.000	m	
	基礎の奥行き	W	1.000	m	
	基礎の換算幅	D'	1.000	m	$\sqrt{B \cdot W}$
	支柱間隔	L	2.000	m	
	コンクリート単位重量	c	23.0	kN/m ³	
	底面と地盤の摩擦角		35.0	度	
支持地盤	内部摩擦角		35.0	度	
	粘着力	C	5.0	kN/m ²	
	単位体積重量	s	21.0	kN/m ³	
	地表面の傾斜角		0.0	度	

(1)基礎前面、背面の受働土圧係数(Kp1,Kp2)の計算

受働土圧は次のクーロン式により求める(壁面摩擦角は0°とする)

$$K_p = \cos^2 \alpha / \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \phi)}{\cos \phi}} \right]^2$$

・基礎前面 ($\alpha = 35.0^\circ$, $\phi = 0.0^\circ$)

$$K_{p1} = 3.69$$

・基礎背面 ($\alpha = 35.0^\circ$, $\phi = 0.0^\circ$)

$$K_{p2} = 3.69$$

抵抗土圧の割増係数()は次式で求める

$$= 1 + 1.5 \cdot D_f / (4W)$$

ここに、Df:基礎の根入れ長(m)

(2)受働土圧における粘性土の自立高さ(Z)の計算

$$\begin{aligned} Z &= (2 \cdot C / s) \cdot \tan(45^\circ - \phi / 2) \\ &= (2 \times 5.0 / 21.00) \times \tan(45 - 35.0 / 2) \\ &= 0.248 \text{ (m)} \end{aligned}$$

(3)基礎底面の鉛直反力(Rb)の計算

鉛直反力

$$R_b = N(\text{基礎自重}) + V(\text{基礎天端に作用する鉛直荷重})$$

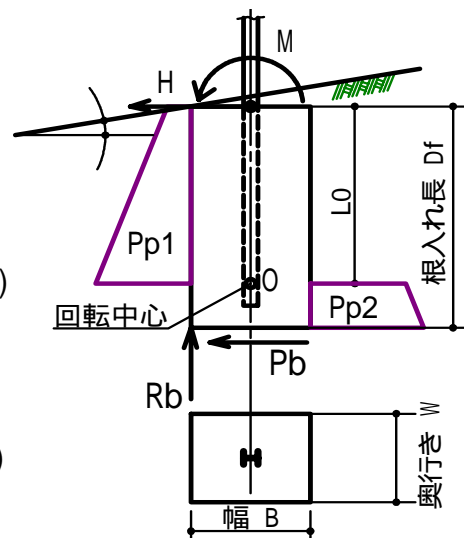
$$= c \cdot B \cdot W \cdot D_f + V \text{ ----- 式(A)}$$

偏心量 (鉛直反力の作用位置は基礎の先端縁とする)

$$e = B / 2 = 1.000 / 2 = 0.500 \text{ m}$$

ここに、

- c: 基礎コンクリートの単位体積重量(kN/m³)
- B: 基礎の幅(m)
- W: 基礎の奥行き(m)
- Df: 基礎の根入れ長(m)
- V: 支柱および矢板の自重(kN)



(4)基礎底面の水平反力(Pb)の計算

$$P_b = R_b \cdot \tan \phi$$
$$= (c \cdot B + \gamma \cdot W + V) \times \tan \phi \quad \text{-----式(B)}$$

(5)必要根入れ長(Df)の計算

水平力の釣り合いから次式が成立する

$$H - P_{p1} + P_{p2} + P_b = 0 \quad \text{-----式(C)}$$

基礎前面、背面の受働土圧合力(Pp1,Pp2)は次式より求める

・基礎前面の天端における受働土圧強度

$$p_1 = \gamma \cdot Z \cdot K_{p1}$$

・基礎前面の根入れL0における受働土圧強度

$$p_2 = \gamma \cdot (Z + L_0) \cdot K_{p1}$$

・基礎前面の受働土圧合力

$$P_{p1} = \frac{1}{2} \times (p_1 + p_2) \times L_0 \times B \times W$$
$$= \frac{1}{2} \times \gamma \times (2 \cdot Z + L_0) \times L_0 \times K_{p1} \times B \times W \quad \text{-----式(D)}$$

・基礎背面の根入れL0における受働土圧強度

$$p_3 = \gamma \cdot (Z + L_0) \cdot K_{p2}$$

・基礎背面の根入れDfにおける受働土圧強度

$$p_4 = \gamma \cdot (Z + D_f) \cdot K_{p2}$$

・基礎背面の受働土圧合力

$$P_{p2} = \frac{1}{2} \times (p_3 + p_4) \times (D_f - L_0) \times B \times W$$
$$= \frac{1}{2} \times \gamma \times (2 \cdot Z + L_0 + D_f) \times (D_f - L_0) \times K_{p2} \times B \times W \quad \text{-----式(E)}$$

式(C)に式(B)、式(D)および式(E)を代入して整理し、L0に関する方程式を解いて

$$L_0 = -Z + \sqrt{Z^2 + K_{p2} / (K_{p1} + K_{p2}) \cdot (D_f + 2Z) \cdot D_f + 2(H + P_b) / \{ \gamma \cdot B \cdot W (K_{p1} + K_{p2}) \}} \quad \text{-----式(F)}$$

ここに、 Kp1, Kp2: 基礎前面、背面における受働土圧係数

Z: 粘性土の自立高さ(m)

H: 基礎天端に作用する水平力

W: 基礎の奥行き(m)

Df: 基礎の根入れ長(m)

L0: 基礎天端から回転中心(O点)までの深さ(m)

γ: 抵抗土圧の割り増し係数

s: 支持地盤の単位体積重量(kN/m³)

(6)転倒に対するモーメントの安全率計算

O点における転倒モーメント(Mo)と抵抗モーメント(Mr)から安全率(Fs)を求める。

・転倒モーメント

$$Mo = M + H \cdot L0 \text{ -----式(G)}$$

・抵抗モーメント

$$Mr = 1/6 \cdot s \cdot W \{Kp1(L0 + 3Z)L0^2 + Kp2(L0 + 2Df + 3Z)(Df - L0)^2\} + 1/2 \cdot Rb \cdot B + Pb \cdot (Df - L0) \text{ -----式(H)}$$

・安全率

$$Fs = Mr/Mo \text{ -----式(I)}$$

(7)計算結果

式(F)において Df を仮定して L0 を求める。

次に、式(I)により、安全率 Fs を計算する。

このとき、安全率 Fs 1.2 となる Df を 試行計算により求める。

計算結果を下表に示す。

基礎必要根入れ長の計算結果表

必要根入れ	回転中心深さ	抵抗土圧割増係数	基礎底面鉛直反力	基礎底面水平反力	転倒モーメント	抵抗モーメント	安全率
Df (m)	L0 (m)	1+1.5Df/(4W)	Rb (kN)	Pb (kN)	Mo (kN・m)	Mr (kN・m)	Fs =Mr/Mo
2.40	1.799	1.90	79.70	55.81	273.66	340.43	1.24

Df は10cmラウンドとした。

基礎の根入れ Df が 2.4m以上あれば安定である。