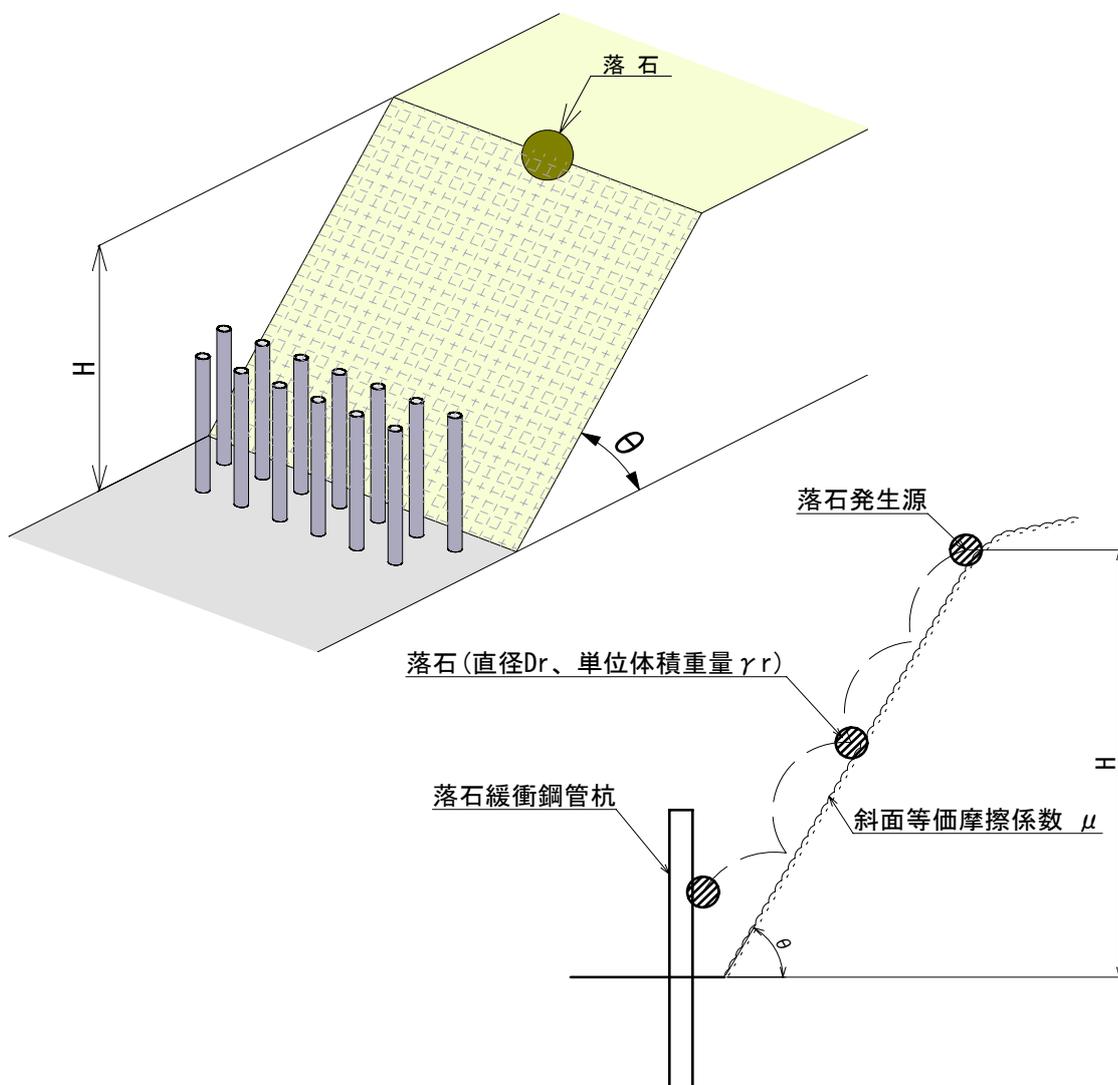


# 落石緩衝鋼管杭の計算

## 計算条件表

計算書タイトル		鋼管緩衝杭の計算				
項目		記号	数値	単位	備考	
落石条件	落石直径	Dr	1.500	m		
	単位体積重量	$\gamma$	26.00	kN/m <sup>3</sup>		
	落石落下高	H	30.000	m		
	斜面の等価摩擦係数	$\mu$	0.250	-	0.05~0.35	
	斜面の勾配	$\theta$	60.000	度		
鋼管条件	鋼管の外径	D	0.600	m		
	鋼管の肉厚	t	0.028	m		
	降伏点強度	$t \leq 40\text{mm}$	$\sigma_y$	315,000	kN/m <sup>2</sup>	板厚で降伏点が変わる鋼材を用いる場合は分けて入力する。「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編(P129)」参照
		$40 < t \leq 75$		295,000	kN/m <sup>2</sup>	
$75 < t \leq 100$		295,000		kN/m <sup>2</sup>		



## 設計手法

### ・設計手法

鋳鋼管を試験体として実施された、静的曲げ実験、落垂式衝撃曲げ実験の結果から得られた、限界吸収エネルギーの算定式を用いるものとする。

算定式の条件として、鋼管は片持梁構造とし、限界吸収エネルギー時の終局変位角は $30^\circ$ に設定されている。

※適用した文献:「溶接構造用遠心力鋳鋼管の衝撃吸収エネルギーに関する実験的研究」

(土木学会第5回 構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集、2000年6月)

※参考とした文献:「落石対策工設計マニュアル p183」(理工図書)

### ・限界吸収エネルギーの算定式

$$E_u = \alpha \cdot \beta \cdot cMp \cdot \tan \delta$$

ここに、  $E_u$ : 限界吸収エネルギー (kJ)

$\alpha$ : 変形拘束なし  $\alpha = 0.85$

: 変形拘束あり  $\alpha = 0.9$

$\beta$ : 変形拘束なし  $\beta = -0.07(D/t) + 1.78$

: 変形拘束あり  $\beta = -0.03(D/t) + 1.6$

$D$ : 鋼管外径 (m)

$t$ : 鋼管肉厚 (m)

$cMp$ : 鋼管の全塑性モーメント (kN・m)

$\delta$ : 終局変位角  $\delta = 30^\circ$

### ・変形拘束について

変形拘束とは、鋼管の根入れ部の拘束条件の違いによるパラメータであり、下記のように使い分ける。

変形拘束なし: 鋼管杭を土中に根入れした場合(落石防止杭等)

変形拘束あり: 鋼管杭を岩盤やコンクリート中に根入れした場合(落石防護柵支柱等)

## 落石エネルギーの計算

項目	記号	数値	単位	備考
落石の体積	$V$	1.767	$m^3$	$V = \pi D r^3 / 6$
落石の単位体積重量	$\gamma$	26.0	$kN/m^3$	
落石の重量	$W$	45.942	$kN$	$W = V \cdot \gamma$
残存係数	$\alpha$	0.925	-	$\alpha = (1 - \mu / \tan \theta)^{1/2}$
落石速度	$v$	22.438	$m/s$	$v = \alpha (2gH)^{1/2}$
回転エネルギー係数	$\beta$	0.100	-	
$(1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta)$ の計算値	$K$	0.941	-	$K = (1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta)$
$(1 + \beta)(1 - \mu / \tan \theta)$ の採用値	$K'$	0.941	-	$K \leq 1.0$ なので計算値を採用
落石の全エネルギー	$E$	1,297.26	$kJ$	$E = K' \cdot W \cdot H$

鋼管杭の限界吸収エネルギーの計算

項目		記号	数値	単位	備考
鋼管の直径		D	0.600	m	
鋼管の肉厚		t	0.028	m	
鋼材の降伏点強度		$\sigma_y$	315,000	kN/m <sup>2</sup>	$t \leq 40\text{mm}$
鋼管の半径		r	0.300	m	$r=D/2$
鋼管の断面係数		$Z_e$	0.00688	m <sup>3</sup>	$Z_e = \pi/4[r^4 - (r-t)^4]/r$
鋼管の塑性断面係数		$Z_p$	0.00917	m <sup>3</sup>	$Z_p = 4/3r^3\{1 - (1-t/r)^3\}$
鋼管の降伏モーメント		cMy	2,165.9	kN・m	$cMy = \sigma_y \cdot Z_e$
鋼管の全塑性モーメント		cMp	2,888.1	kN・m	$cMp = \sigma_y \cdot Z_p$
変形拘束 なし	係数	$\alpha_1$	0.85	-	
		$\beta_1$	0.2800	-	$\beta_1 = -0.07(D/t) + 1.78$
	設計降伏モーメント	dMy1	2,454.86	kN・m	$dMy1 = \alpha_1 \cdot cMp$
	限界吸収エネルギー	Eu1	396.85	kJ	$Eu1 = \beta_1 \cdot dMy1 \cdot \tan 30^\circ$
変形拘束 あり	係数	$\alpha_2$	0.90	-	
		$\beta_2$	0.9571	-	$\beta_2 = -0.03(D/t) + 1.6$
	設計降伏モーメント	dMy2	2,599.26	kN・m	$dMy2 = \alpha_2 \cdot cMp$
	限界吸収エネルギー	Eu2	1,436.30	kJ	$Eu2 = \beta_2 \cdot dMy2 \cdot \tan 30^\circ$

判定

項目		記号	数値	単位	備考
変形拘束 なし	落石の全エネルギー	E	1,297.26	kJ	
	限界吸収エネルギー	Eu1	396.85	kJ	
	判定	Eu1 < E		<b>NG</b>	
	安全率	Fs	0.306	-	$Fs = Eu1/E$
	落石による鋼管変位角	$\delta_1$	62.1	度	$\delta_1 = \tan^{-1}[E/(\beta_1 \cdot dMy1)]$
変形拘束 あり	落石の全エネルギー	E	1,297.26	kJ	
	限界吸収エネルギー	Eu2	1,436.30	kJ	
	判定	Eu2 $\geq$ E		<b>OK</b>	
	安全率	Fs	1.107	-	$Fs = Eu2/E$
	落石による鋼管変位角	$\delta_2$	27.5	度	$\delta_2 = \tan^{-1}[E/(\beta_2 \cdot dMy2)]$