

1.13 堤体の安定計算

- ・調整池堤体は長野県設計基準及び鋼製砂防構造物設計便覧に基づいて行う。
- ・各調整池堤体について、洪水時、地震時において検討を行い安定性を確認した。

本基準では、他の基準に特に定めのない、堤高15m未満のフィルダムについてのみ特記するものとする。堤高15m以上のダムについてはダム設計基準、ダム構造基準等に準拠することとし、また、堤高15m未満でも、コンクリートダムについては河川砂防技術基準(案)等に準拠することとする。

出典：流域開発に伴う防災調整池等技術基準 H27 p33

不透過型砂防堰堤の越流部及び非越流部の設計荷重の組合せを以下に示す。

堰堤高	平常時	土石流時	洪水時
堰堤高 15m未満		自重、静水圧、堆砂圧、土石流流体力	自重、静水圧
堰堤高 15m以上	自重、静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧	自重、静水圧、堆砂圧、揚圧力、土石流流体力	自重、静水圧、堆砂圧、揚圧力

※堰堤高 15m未満の砂防堰堤は、兵庫県南部地震をはじめとして過去に発生した大きな地震において、砂防堰堤の機能を喪失し、被災が原因で周辺家屋等に直接的な災害や二次被害を引き起こすような重大な被害は生じていない。また、動的解析の結果、引張応力、圧縮応力及び滑動に対して安全性は確保されていると判断される。

出典：長野県設計基準砂防編 p9-4-35

地震時慣性力は、堤体に水平方向に作用するものとし、堰堤の自重に設計震度を乗じた値として次式により求められる。

$$I = K \times W$$

ここに、I：単位幅当たりの堰堤堤体に作用する地震時慣性力(kN/m)
 K：設計震度
 W：単位幅当たりの堰堤堤体の自重(kN/m)

設計震度は、下表に掲げる値以上で、基礎地盤の状況等も考慮して決定する必要がある。

堰堤の種類	強震帯及び中震帯地域	弱震帯地域
重力式コンクリート堰堤	0.12	0.10
アーチ式コンクリート堰堤	0.24	0.20

出典：長野県設計基準砂防編 p9-4-41

堰堤高さ15m以上で地震時慣性力を見込む場合は、堤体に水平方向に作用するものとし、その大きさは堰堤の自重に地震係数を乗じた値とする。地震係数は、地域別と地盤の種別に応じて次に示す値以上とする。

基礎岩盤の状況	強震帯及び中震帯地域	弱震帯地域
通常の岩盤	0.12	0.10
風化、破碎の著しい岩盤 新第三紀以降の未固結岩盤	0.15	0.12

出典：鋼製砂防構造物設計便覧H21版 p19～20

本計画では、長野県設計基準砂防編及び鋼製砂防構造物設計便覧に基づいて検討を行うものとする。

上記基準によると、堤高15m未満のダムについては地震の検討は不要となるが、本検討では施設の重要性を考慮し、地震時の検討を行うものとする。

使用する地震係数は前述に示された基準より、強震帯地域において最も大きい値である0.24を踏まえて、0.25を用いて検討を行うものとする。

1) 設計荷重の組合せ

堤高	洪水時	平常時
15m未満	静水圧および自重	堆砂圧,地震時慣性力 および自重

2) 荷重条件ごとの安全率

堤高	安定条件	洪水時	平常時
15m未満	滑動に対する安全率 $F_s \geq$	1.20	1.20
	合力の作用位置 $e \leq$	B/6	B/6
	せん断変形に対する安全率 $F_{sr} \geq$	1.20	1.20

3) 安定計算に用いる数値

- | | | |
|----------------------|--------------|------------------------------------|
| ① 静水圧 | $\gamma_w =$ | 9.81 kN/m ³ |
| ② 中詰土 (改良土;火山灰土Vs主体) | | |
| ・単位体積重量 (湿潤重量) | $\gamma_t =$ | 17.0 kN/m ³ |
| ・内部摩擦角 | $\phi =$ | 30 ° |
| ・粘着力 | $C =$ | 0.0 kN/m ² |
| ③ 堆砂圧 | | |
| ・単位体積重量 (水中重量) | $\gamma_s =$ | 18.0 kN/m ³ |
| ・内部摩擦角 | $\phi_s =$ | 30 ° |
| ・主働土圧係数 | $K_A =$ | 0.333 |
| ④ 堤体と地盤の摩擦係数 | $f =$ | 0.55 |
| ⑤ 基礎地盤の許容支持力 | $q_a =$ | 100 kN/m ² (第1火山灰土層Vs1) |
| ⑥ 地震係数 | $k =$ | 0.25 |

安定計算書は巻末資料-4に示す。

4) 安定計算結果

①A調整池

表-2.1 越流部安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.31$	>	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.478$	<	2.4	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 223 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 149 \text{ kN/m}^2$	<	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.20$	>	1.2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 1.95$	>	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.033$	<	2.4	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 183 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 178 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.59$	>	1.2	---O.K.

※) 最大地盤反力度が許容支持力度を上回るため、鋼矢板基礎工を設置する。

表-2.2 非越流部安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.36$	>	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.320$	<	2.4	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 221 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 169 \text{ kN/m}^2$	<	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.30$	>	1.2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 1.97$	>	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.031$	<	2.4	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 197 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 192 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.51$	>	1.2	---O.K.

※) 最大地盤反力度が許容支持力度を上回るため、鋼矢板基礎工を設置する。

表-3.3 越流部基礎工安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.80$	>	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 3.19$	>	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 260 \text{ kN/m}^2$	<	417 kN/m^2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 3.23$	>	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 1.28$	>	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 218 \text{ kN/m}^2$	<	715 kN/m^2	---O.K.

表-3.4 非越流部基礎工安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.86$	>	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 3.33$	>	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 218 \text{ kN/m}^2$	<	428 kN/m^2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 3.18$	>	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 1.23$	>	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 234 \text{ kN/m}^2$	<	724 kN/m^2	---O.K.

②B調整池

表-2.1 越流部安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.32$	$>$	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.293$	$<$	1.542	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 140 \text{ kN/m}^2$	$>$	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 95 \text{ kN/m}^2$	$<$	100 kN/m^2	---O.K.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.21$	$>$	1.2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 2.04$	$>$	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.011$	$<$	1.542	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 112 \text{ kN/m}^2$	$>$	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 111 \text{ kN/m}^2$	$>$	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.64$	$>$	1.2	---O.K.

※)最大地盤反力度が許容支持力度を上回るため、鋼矢板基礎工を設置する。

表-2.2 非越流部安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.39$	$>$	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.155$	$<$	1.542	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 139 \text{ kN/m}^2$	$>$	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 114 \text{ kN/m}^2$	$<$	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.34$	$>$	1.2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 2.05$	$>$	1.2	---O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.009$	$<$	1.542	---O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 127 \text{ kN/m}^2$	$>$	100 kN/m^2	---N.G.
		$q_{min} = 126 \text{ kN/m}^2$	$>$	100 kN/m^2	---N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.51$	$>$	1.2	---O.K.

※)最大地盤反力度が許容支持力度を上回るため、鋼矢板基礎工を設置する。

表-3.3 越流部基礎工安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 3.61$	$>$	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = \infty$	$>$	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 158 \text{ kN/m}^2$	$<$	342 kN/m^2	---O.K.
	せん断変形の安全率	$F_{sr} = \infty$	$>$	1.2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 8.18$	$>$	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = \infty$	$>$	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 191 \text{ kN/m}^2$	$<$	702 kN/m^2	---O.K.
	せん断変形の安全率	$F_{sr} = \infty$	$>$	1.2	---O.K.

表-3.4 非越流部基礎工安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 3.71$	$>$	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = \infty$	$>$	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 191 \text{ kN/m}^2$	$<$	305 kN/m^2	---O.K.
	せん断変形の安全率	$F_{sr} = \infty$	$>$	1.2	---O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 7.82$	$>$	1.2	---O.K.
	転倒の安全率	$F_o = \infty$	$>$	1.2	---O.K.
	平均地盤反力	$q = 214 \text{ kN/m}^2$	$<$	709 kN/m^2	---O.K.
	せん断変形の安全率	$F_{sr} = \infty$	$>$	1.2	---O.K.

③ C調整池

表-2.1 越流部安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.32$	>	1.2	--O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.437$	<	2.25	--O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 208 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	--N.G.
		$q_{min} = 140 \text{ kN/m}^2$	<	100 kN/m^2	--N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.21$	>	1.2	--O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 2.06$	>	1.2	--O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.012$	<	2.25	--O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 169 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	--N.G.
		$q_{min} = 167 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	--N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.61$	>	1.2	--O.K.

※) 最大地盤反力度が許容支持力度を上回るため、鋼矢板基礎工を設置する。

表-2.2 非越流部安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.37$	>	1.2	--O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.281$	<	2.25	--O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 205 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	--N.G.
		$q_{min} = 160 \text{ kN/m}^2$	<	100 kN/m^2	--N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.31$	>	1.2	--O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 2.08$	>	1.2	--O.K.
	合力の作用位置	$e = 0.010$	<	2.25	--O.K.
	最大地盤反力	$q_{max} = 183 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	--N.G.
		$q_{min} = 182 \text{ kN/m}^2$	>	100 kN/m^2	--N.G.
	せん断変形に対する安全率	$F_{sr} = 1.53$	>	1.2	--O.K.

※) 最大地盤反力度が許容支持力度を上回るため、鋼矢板基礎工を設置する。

表-3.3 越流部基礎工安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.87$	>	1.2	--O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 3.23$	>	1.2	--O.K.
	平均地盤反力	$q = 244 \text{ kN/m}^2$	<	406 kN/m^2	--O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 3.59$	>	1.2	--O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 1.37$	>	1.2	--O.K.
	平均地盤反力	$q = 202 \text{ kN/m}^2$	<	743 kN/m^2	--O.K.

表-3.4 非越流部基礎工安定計算結果のまとめ

荷重条件	項目	安定計算結果			
洪水時	滑動の安全率	$F_s = 1.94$	>	1.2	--O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 3.38$	>	1.2	--O.K.
	平均地盤反力	$q = 202 \text{ kN/m}^2$	<	426 kN/m^2	--O.K.
平常時	滑動の安全率	$F_s = 3.51$	>	1.2	--O.K.
	転倒の安全率	$F_o = 1.30$	>	1.2	--O.K.
	平均地盤反力	$q = 218 \text{ kN/m}^2$	<	746 kN/m^2	--O.K.