

【資料 例 3-5】 機械・電気設備の照査例

1. 照査の概要

ダムゲートの操作・制御するための重要な管理設備として、図-例 3.5.1 に示す開閉装置（油圧ユニット）および図-例 3.5.2 に示す機側操作盤について、レベル 2 地震動により移動または転倒に対する安全性を照査した。

2. 照査において考慮する地震力

開閉装置および機側操作盤はともに本ダム（堤高 100m の重力式コンクリートダム）天端付近に設置されている。このため、ダム基礎においてレベル 2 地震動を考慮した堤体の地震応答解析により得られた天端付近の水平最大応答加速度（水平方向 $a_{TH}=1,267gal$ 、鉛直方向 a_{TV} ）に基づき、両設備の照査では水平方向 $a_{TH} \cdot W$ (W : 装置重量)、鉛直方向 $a_{TV} \cdot W$ に相当する地震荷重をレベル 2 地震動による地震力として考慮することとした注)。

注) 本事例のダムでは、堤体の地震応答解析において水平動のみを考慮して実施したため、直接には a_{TV} の値が得られていない。このため、ここでは同形式のダム（重力式コンクリートダム）における既往の強震記録等を踏まえ、鉛直方向地震力として上下流方向の最大加速度値の 1/2 に相当する地震力が作用する ($a_{TV}=0.5a_{TH}$) ものと仮定して計算した結果を示す。

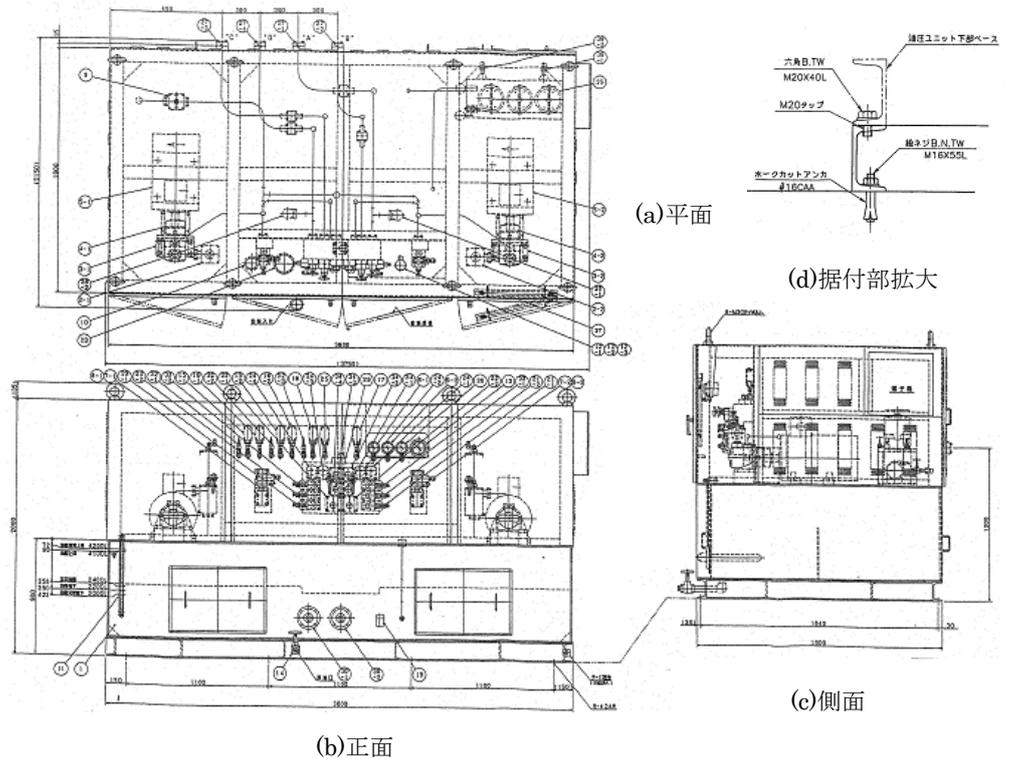


図-例 3.5.1 ゲート開閉装置（油圧ユニット）

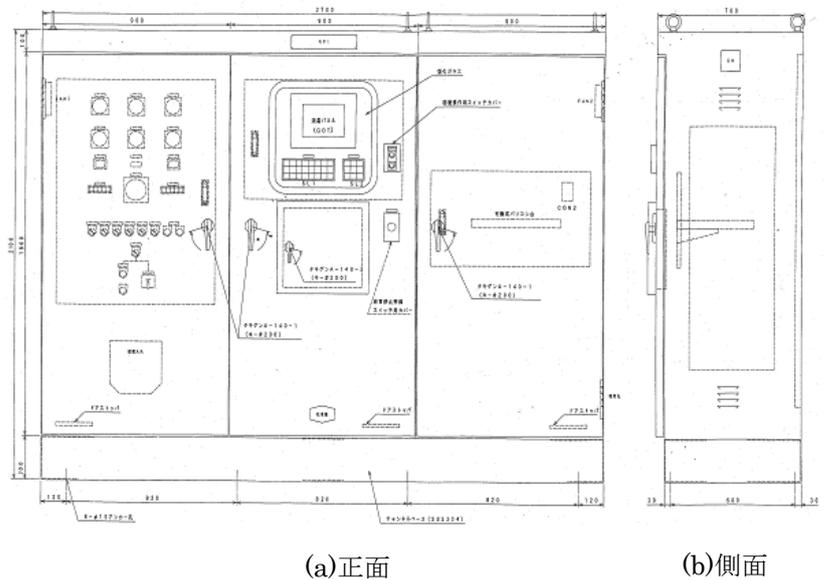


図-例 3.5.2 機側操作盤

3. 移動または転倒に対する安全性の照査

開閉装置および機側操作盤の照査に用いた諸元をそれぞれ表一例 3.5.1 に示す。

表一例 3.5.1 開閉装置および機側操作盤の諸元

項目		諸元		項目		諸元		参考図（アンカーボルト配置）
設備	設備名	開閉装置（油圧ユニット）		設備	設備名	電気設備（機側操作盤）		
	機器重量	W	39200 N		機器重量	W	8000 N	
	機器寸法	高さ	H		2000 mm	高さ	H	2100 mm
		幅	L		3600 mm	幅	L	2700 mm
奥行		B	1900 mm	奥行	B	700 mm		
アンカーボルト（ホークカットアンカー）	径	ϕ	16 mm	アンカーボルト（寸切ボルト）	径	ϕ	12 mm	
	有効断面積	Ae	157.0 mm ²		有効断面積	Ae	84.3 mm ²	
	本数	n	8 本		本数	n	8 本	
	材質		SUS304		打ち込み深さ	D	50 mm	
	引張降伏強度	f _y	205 N/mm ²		材質		SUS304	
	引張強度	f _u	520 N/mm ²		引張降伏強度	f _y	205 N/mm ²	
	せん断降伏強度 ¹⁾	f _{vy}	118 N/mm ²		引張強度	f _u	520 N/mm ²	
	せん断強度 ¹⁾	V _y	300 N/mm ²		せん断降伏強度 ¹⁾	f _{vy}	118 N/mm ²	
	アンカーボルトの配置	L1	1100 mm		せん断強度 ¹⁾	V _y	300 N/mm ²	
		L2	1100 mm		アンカーボルトの配置	L1	820 mm	
		L3	150 mm		L2	820 mm		
		B1	1820 mm		L3	120 mm		
		B2	40 mm		B1	600 mm		
引抜き耐力		36260 N/本	B2	30 mm				
基礎コンクリート			引抜き強度		- N/mm ²			
			設計基準強度	f _{ck}	21 N/mm ²			
			付着強度 ²⁾	f _{бок}	2.13 N/mm ²			

注1) せん断に対する強度は、『ダム・堰施設技術基準(案)』に基づき、Von Mises の降伏条件 ($\tau = \sigma / \sqrt{3}$) により設定。

注2) コンクリートの付着強度は、『コンクリート標準示方書』(2002年制定, 構造性能照査編)に基づき、 $f_{бок} = 0.28f_{ck}^{2/3}$ により設定。

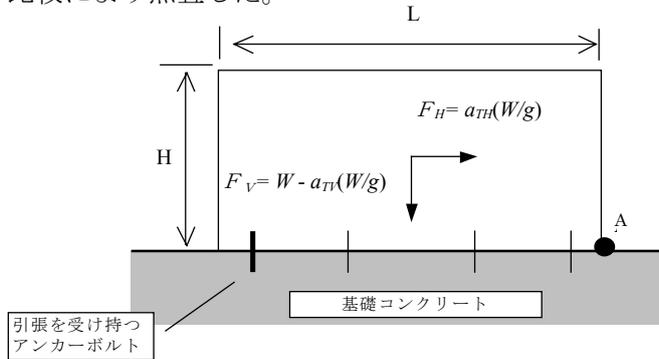
移動または転倒に対する安全性は、これらの諸元をもとに、基礎コンクリートへの据付・固定に用いられているアンカーボルトのせん断および引抜きに対する安全性を以下のとおり確認することにより照査した。

(a) せん断に対する照査

地震力によりアンカーボルト 1 本に作用する水平せん断応力度 $S_H (= a_{HT} \cdot W/g/n/Ae)$ を算定し、これとアンカーボルトのせん断強度 V_y およびせん断降伏応力度 f_{vy} との比較により照査した。

(b) 引抜きに対する照査

水平および鉛直地震力により生じるアンカーボルトを引抜こうとする引張力（引抜き力）を図一例 3.5.3 の A 点より最も遠くに位置するアンカーボルトのみで受け持つこととし、当該アンカーボルトに作用する引抜き力 T とアンカーボルトの引抜き耐力（または、引抜き応力度 T' と基礎コンクリートの付着強度 $f_{бок}$ ）の比較により照査した。



【参考】 図左端のアンカーボルトに作用する引抜き力 T_L の算定^{注1)}

$$T_L = M_L / X_L / n_L$$

ここに、
 A 点まわりのモーメント $M_L = F_H(H/2) - F_V(L/2)$
 A 点～引張を受持つアンカーボルト間の距離 $X_L = L_1 + 2L_2 + L_3$
 引張を受持つアンカーボルト本数 $n_L = 2$

注1) L (長手) 方向の照査の場合。B (幅) 方向についてもほぼ同様。
 注2) 開閉装置（ホークカットアンカー）については、 T_L をアンカーボルトの引抜き耐力と比較。機側操作盤（寸切ボルト）については、引抜き応力度 $T'_L (= T_L / (\pi \cdot \phi) / D)$ を基礎コンクリートの付着強度 $f_{бок}$ と比較。

図一例 3.5.3 アンカーボルトの引抜きに対する照査

照査結果を表一例 3.5.2 に示す。これより、開閉装置および機側操作盤はレベル 2 地震動に対し、アンカーボルトがせん断により破損または引抜きにより脱落するおそれがないことから、移動・転倒により損傷するおそれはないと判断される。

表一例 3.5.2 照査結果

照査項目	開閉装置（油圧ユニット）		機側操作盤	
	判定		判定	
(a) せん断	OK	水平せん断応力度 $S_H = 40.26$ [MPa] < せん断降伏応力度 $f_{vy} = 118$ [MPa] < せん断強度 $V_y = 300$ [MPa]	OK	水平せん断応力度 $S_H = 15.30$ MPa < せん断降伏応力度 $f_{vy} = 118$ MPa < せん断強度 $V_y = 300$ MPa
(b) 引抜き	OK	引抜き力 T (最大値) = 5019 [N/本] < 引抜き耐力 = 36260 [N/本]	OK	引抜き応力度 T' (最大値) = 2.10 [MPa] < 基礎コンクリート付着強度 $f_{бок} = 2.13$ [MPa]