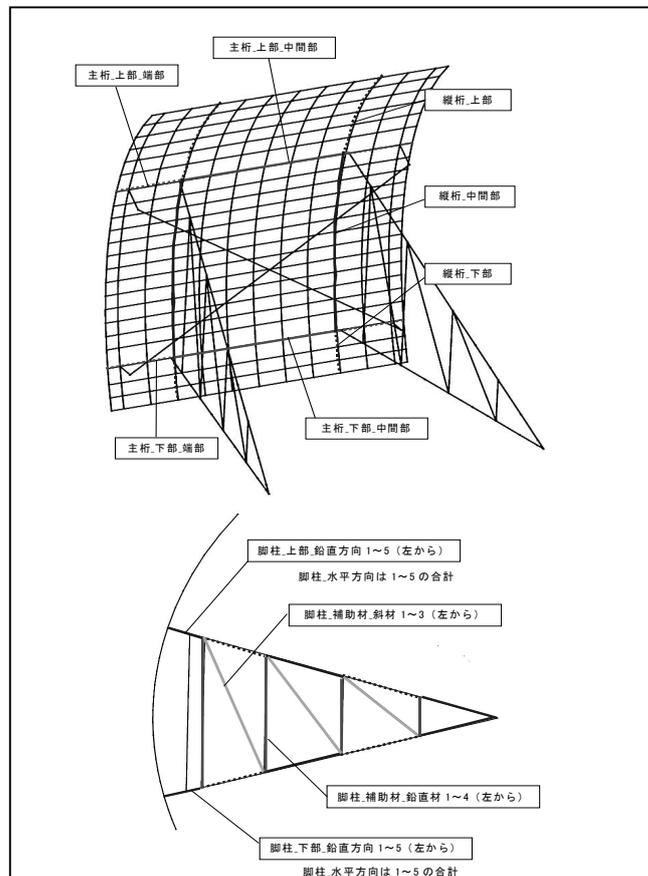


表一例3.1.6 部材の降伏（塑性化）に対する照査結果

部 位			断面形状 (mm)				部材長 (mm)	塑性化の照査		
								降伏応力度 (N/mm ²)	合成応力度 (N/mm ²)	塑性化の 判定
脚柱	上部	水平(強軸)方向	H - 800 × 550 × 36 × 32				13693	235	161	OK
		鉛直(弱軸)方向1	H - 800 × 550 × 36 × 32				1527	235	161	OK
		鉛直(弱軸)方向2	H - 800 × 550 × 36 × 32				2581	235	57	OK
		鉛直(弱軸)方向3	H - 800 × 550 × 36 × 32				3200	235	46	OK
		鉛直(弱軸)方向4	H - 800 × 550 × 36 × 32				3200	235	46	OK
		鉛直(弱軸)方向5	H - 800 × 550 × 36 × 32				3185	235	50	OK
	下部	水平(強軸)方向	H - 800 × 550 × 36 × 32				13693	235	187	OK
		鉛直(弱軸)方向1	H - 800 × 550 × 36 × 32				1527	235	187	OK
		鉛直(弱軸)方向2	H - 800 × 550 × 36 × 32				2581	235	112	OK
		鉛直(弱軸)方向3	H - 800 × 550 × 36 × 32				3200	235	113	OK
		鉛直(弱軸)方向4	H - 800 × 550 × 36 × 32				3200	235	94	OK
		鉛直(弱軸)方向5	H - 800 × 550 × 36 × 32				3185	235	92	OK
	補助材	鉛直材1	H - 776 × 150 × 9 × 12				6576	235	52	OK
		鉛直材2	H - 776 × 150 × 9 × 12				5181	235	19	OK
		鉛直材3	H - 776 × 150 × 9 × 12				3451	235	23	OK
鉛直材4		PL - 720		32		1722	235	12	OK	
斜材1		H - 776 × 150 × 9 × 12				6382	235	12	OK	
斜材2		H - 776 × 150 × 9 × 12				5303	235	9	OK	
斜材3		H - 776 × 150 × 9 × 12				4023	235	7	OK	
主桁	上部	端部	H - 1800 × 400 × 19 × 22				2050	235	101	OK
		中間部	H - 1800 × 400 × 19 × 22				5500	235	89	OK
	下部	端部	H - 1800 × 400 × 19 × 22				2050	235	162	OK
		中間部	H - 1800 × 400 × 19 × 22				5500	235	177	OK
縦桁	上部	I - 1800 × 260 × 9 × 16				5734	235	38	OK	
	中間部	I - 1800 × 260 × 9 × 16				7496	235	145	OK	
	下部	I - 1800 × 260 × 9 × 16				1518	235	125	OK	



図一例3.1.8 照査部材位置

(2) 座屈に対する照査

①全体座屈に対する照査

各部材の全体座屈に対する照査は、線形動的解析の結果得られた各部材の応答値（絶対値の最大値）をもとに式（例3.1.1）により部材ごとの合成応力度を算定し、これを式（例3.1.2）により算定される各部材の限界座屈応力度^注および式（例3.1.3）により算定される横倒れ座屈応力度^注と比較することによって行った。なお、合成応力度の算定に用いる各部材の軸方向応力は、部材の座屈は圧縮力によって生じることから圧縮応力の最大値とした。

注) 『ダム・堰施設技術基準（案）』に示されている基準耐荷力曲線に基づくもので、安全率を考慮して許容軸方向圧縮応力度および許容曲げ圧縮応力度を定める際に基準とされた座屈応力度。

（限界座屈応力度 σ_{cr1} ）

$$\sigma_{cr1} = \bar{\sigma} \cdot \sigma_y \quad \text{-----} \quad \text{(例3.1.2)}$$

$$\bar{\sigma} = 1.0 \quad (\bar{\lambda} \leq 0.2) \quad , \quad \bar{\sigma} = 1.109 - 0.545 \bar{\lambda} \quad (0.2 < \bar{\lambda} \leq 1.0) \quad ,$$

$$\bar{\sigma} = 1.0 / (0.773 + \bar{\lambda}^2) \quad (1.0 < \bar{\lambda})$$

ここに、 $\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \left(\frac{l}{r} \right)$ 、 σ_{cr1} ：基準耐荷力曲線に基づく限界座屈応力度[N/mm²]

σ_y ：部材の降伏応力度、 E ：弾性係数、 l ：有効座屈長、 r ：断面二次半径

（横倒れ座屈応力度 σ_{cr2} ）

$$\sigma_{cr2} = \bar{\sigma} \cdot \sigma_y \quad \text{-----} \quad \text{(例3.1.3)}$$

$$\bar{\sigma} = 1.0 \quad (\alpha \leq 0.2) \quad , \quad \bar{\sigma} = 1.0 - 0.412 (\alpha - 0.2) \quad (0.2 < \alpha \leq \sqrt{2})$$

ここに、 $\alpha = \frac{2}{\pi} K \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \left(\frac{l}{b_{fl}} \right)$ 、 $K = 2$ ：($A_w/A_c < 2$)、 $K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$ ：($A_w/A_c \geq 2$)

σ_{cr2} ：基準耐荷力曲線に基づく横倒れ座屈応力度[N/mm²]、 σ_y ：材料の降伏応力度、 E ：弾性係数、 b_{fl} ：圧縮フランジの幅[mm]、 l ：圧縮フランジの座屈に対する固定点間距離[mm]、 A_w ：ウェブ断面積[cm²]、 A_c ：圧縮フランジの断面積[cm²]

②局部座屈に対する照査

局部座屈に対する照査は、各部材のフランジ・ウェブが降伏応力度に達するまで局部座屈を生じないような部材寸法であるかをフランジ・ウェブの幅厚比、垂直補剛板の幅・板厚・設置間隔・断面二次モーメントおよび水平補剛板の断面二次モーメントの値を設計基準値^注と比較し、これを満足しているかを確認することによって行った。なお、部材寸法が設計基準値を満足していない場合においても、発生する応力が部材の局部座屈応力度より小さければ局部座屈は生じないことから、部材の局部座屈応力度と応答応力度の比較も実施した。

注) 『ダム・堰施設技術基準（案）』に示されている部材の設計に関する例示仕様を参照した。

以上の方法による各部材の座屈に対する照査結果として、全体座屈に関するものを表一例3.1.7、また局部座屈に関するものを表一例3.1.8に示す。

表一例3.1.7 全体座屈に対する照査結果

部位	断面形状 (mm)				部材長 (mm)	全体座屈の照査				全体座屈の判定
	H	B	TW	TF		限界座屈応力度		横倒れ座屈応力度 (N/mm ²)	合成応力度 (N/mm ²)	
						弱軸 (N/mm ²)	強軸 (N/mm ²)			
脚柱	上部	水平(強軸)方向	H - 800 × 550 × 36 × 32		13693	-	213	-	161	OK
		鉛直(弱軸)方向1	H - 800 × 550 × 36 × 32		1527	235	-	235	161	OK
		鉛直(弱軸)方向2	H - 800 × 550 × 36 × 32		2581	235	-	235	57	OK
		鉛直(弱軸)方向3	H - 800 × 550 × 36 × 32		3200	231	-	235	46	OK
		鉛直(弱軸)方向4	H - 800 × 550 × 36 × 32		3200	231	-	235	46	OK
	下部	鉛直(弱軸)方向5	H - 800 × 550 × 36 × 32		3185	231	-	235	50	OK
		水平(強軸)方向	H - 800 × 550 × 36 × 32		13693	-	213	-	187	OK
		鉛直(弱軸)方向1	H - 800 × 550 × 36 × 32		1527	235	-	235	187	OK
		鉛直(弱軸)方向2	H - 800 × 550 × 36 × 32		2581	235	-	235	112	OK
		鉛直(弱軸)方向3	H - 800 × 550 × 36 × 32		3200	231	-	235	113	OK
	補助材	鉛直(弱軸)方向4	H - 800 × 550 × 36 × 32		3200	231	-	235	94	OK
		鉛直(弱軸)方向5	H - 800 × 550 × 36 × 32		3185	231	-	235	92	OK
		鉛直材1	H - 776 × 150 × 9 × 12		6576	27	228	50	31	NG ^(注)
		鉛直材2	H - 776 × 150 × 9 × 12		5181	42	235	93	19	OK
		鉛直材3	H - 776 × 150 × 9 × 12		3451	80	235	147	23	OK
主桁	上部	鉛直材4	PL - 720 × 32		1722	48	235	-	12	OK
		斜材1	H - 776 × 150 × 9 × 12		6382	29	229	56	5	OK
		斜材2	H - 776 × 150 × 9 × 12		5303	40	235	89	5	OK
		斜材3	H - 776 × 150 × 9 × 12		4023	63	235	129	1	OK
		端部	H - 1800 × 400 × 19 × 22		2050	-	-	-	-	-
	下部	中間部	H - 1800 × 400 × 19 × 22		5500	-	-	-	-	-
		端部	H - 1800 × 400 × 19 × 22		2050	-	-	-	-	-
		中間部	H - 1800 × 400 × 19 × 22		5500	-	-	-	-	-
		上部	I - 1800 × 260 × 9 × 16		5734	-	-	-	-	-
		下部	I - 1800 × 260 × 9 × 16		1518	-	-	-	-	-

注) 脚柱補剛材(鉛直材1)については、発生応力度の最大値を用いて算定した合成応力度は限界座屈応力度を超えるものとなったが、軸圧縮応力が最大になる時刻における合成応力度により再照査した結果、全体座屈が生じるおそれはないと判断した。

表一例3.1.8 局部座屈に対する照査結果^(注)

部位	断面形状 (mm)				部材長 (mm)	局部座屈の判定						
	H	B	TW	TF		フランジ板厚	ウェブ板厚	垂直補剛材間隔	垂直補剛材板厚	垂直補剛材幅	垂直補剛材断面二次モーメント	水平補剛材断面二次モーメント
脚柱	上部	鉛直(弱軸)方向1	H - 800 × 550 × 36 × 32	1527	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向2	H - 800 × 550 × 36 × 32	2581	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向3	H - 800 × 550 × 36 × 32	3200	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向4	H - 800 × 550 × 36 × 32	3200	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向5	H - 800 × 550 × 36 × 32	3185	OK	OK	-	-	-	-	-	
	下部	水平(強軸)方向	H - 800 × 550 × 36 × 32	13693	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向1	H - 800 × 550 × 36 × 32	1527	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向2	H - 800 × 550 × 36 × 32	2581	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向3	H - 800 × 550 × 36 × 32	3200	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直(弱軸)方向4	H - 800 × 550 × 36 × 32	3200	OK	OK	-	-	-	-	-	
	補助材	鉛直(弱軸)方向5	H - 800 × 550 × 36 × 32	3185	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直材1	H - 776 × 150 × 9 × 12	6576	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直材2	H - 776 × 150 × 9 × 12	5181	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直材3	H - 776 × 150 × 9 × 12	3451	OK	OK	-	-	-	-	-	
		鉛直材4	PL - 720 × 32	1722	OK	OK	-	-	-	-	-	
主桁	上部	斜材1	H - 776 × 150 × 9 × 12	6382	OK	OK	-	-	-	-	-	
		斜材2	H - 776 × 150 × 9 × 12	5303	OK	OK	-	-	-	-	-	
		斜材3	H - 776 × 150 × 9 × 12	4023	OK	OK	-	-	-	-	-	
		端部	H - 1800 × 400 × 19 × 22	2050	OK	OK	OK	-	-	-	-	
		中間部	H - 1800 × 400 × 19 × 22	5500	OK	OK	OK	-	-	-	-	
	下部	端部	H - 1800 × 400 × 19 × 22	2050	OK	OK	OK	-	-	-	-	
		中間部	H - 1800 × 400 × 19 × 22	5500	OK	OK	OK	-	-	-	-	
		上部	I - 1800 × 260 × 9 × 16	5734	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
		中間部	I - 1800 × 260 × 9 × 16	7496	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	
		下部	I - 1800 × 260 × 9 × 16	1518	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

注) 局部座屈の判定は、『ダム・堰施設技術基準(案)』に示されている部材の設計に関する例示仕様を満足する部材、および同例示仕様を満足しない部材のうち『ダム・堰施設技術基準(案)』の局部座屈応力度を超えないことが確認できた部材について、座屈を生じる恐れはないと判断した。

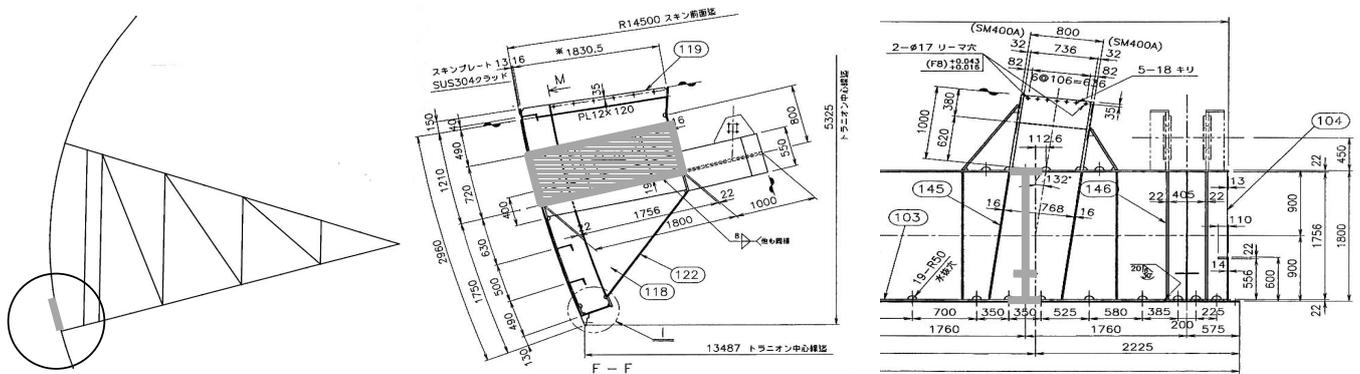
表一例3.1.7より、合成応力度が限界座屈および横倒れ座屈に対する座屈応力度を上回る部材はなく、各部材とも全体座屈が生じるおそれはないと考えられる。

また、表一例3.1.8より、ほとんどの部材で局部座屈が生じるおそれはないが、縦桁中間部の部材の一部（図一例3.1.9）で垂直補剛材間隔が設計基準値に対して不足している箇所がある。ただし、この箇所についても、以下の理由から、耐震性能上問題となる座屈が生じる可能性は低いと考えられる。

- ① 垂直補剛材間隔の不足により局部座屈を生じる可能性のある部材は1部材に限られ、また、主要構造部材ではなく補助構造部材であるため、局部座屈が生じても全体構造の安定性には問題を生じるおそれはないこと。
- ② 該当する箇所は、図一例3.1.9に示すとおり、脚柱、主桁、スキンプレート等が接する箇所であるため剛性が高く、局部座屈により全体座屈が生じる可能性は低いと考えられること。

以上より、本ゲートでは座屈に対する安全性は確保されると判断される。^{注)}

注) 本事例では、座屈に対する問題は生じない結果となったが、補助構造部材の一部で座屈が生じるおそれのある場合は、座屈のおそれがある部材における圧縮耐力の低下を考慮する等、座屈の影響を考慮して再度動的解析を実施し、各部材について同様の評価を行う必要がある。



(a) 部材位置 (b) 細部構造拡大(側面) (c) 細部構造拡大(平面)

図一例3.1.9 垂直補剛材の間隔が不足する部材

(3) 線形動的解析結果のまとめ

線形動的解析結果に基づく以上の検討により、本ゲートにおいては、解析モデルにおいて考慮した構造部材（脚柱、縦桁、横桁等の主要構造部材および脚間材等の補助構造部材）において、レベル2地震動に対しても座屈に対する安全性は確保され、また部材の降伏により塑性化が生じるおそれはないと判断される。

3.4 動的解析においてモデル化していない部材の照査

引き続き、上述の動的解析において考慮していない部材（非モデル化部材）について照査を行う。

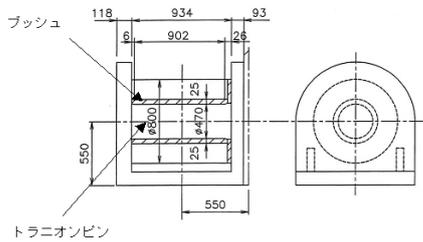
脚柱反力を受けるトラニオンとこれを基礎コンクリートに伝達するアンカレッジにより構成される扉体の固定部の部材については、線形動的解析において境界条件としては考慮したが、直接その部材をモデル化していない。このため、線形動的解析で得られた当該部材位置での最大支点反力を外力として考慮し、『ダム・堰施設技術基準（案）』に準拠した構造計算によりこれら部材の照査を行った。

また、扉体戸当たり部の最大応答変位から水密性の照査を行った。

(1) 固定部の照査

① トラニオンの照査

本ゲートにおけるトラニオンの構造および照査結果をそれぞれ図一例3.1.10および表一例3.1.9に示す。照査は、トラニオンピンの曲げおよびせん断応力度とブッシュの作用面圧力について行った。その結果、いずれも許容値（降伏応力度または降伏面圧）を下回る値となった。したがって、トラニオンにおいて問題となる損傷が生じるおそれはないと考えられる。



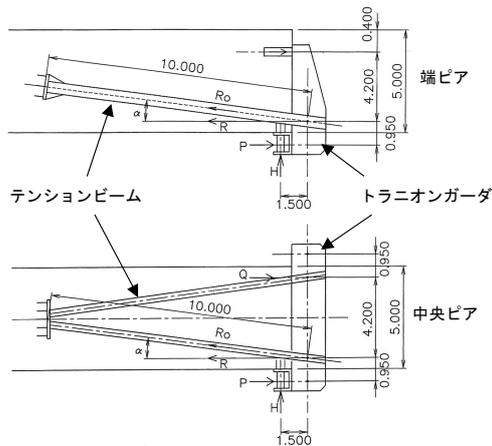
図一例3.1.10 トラニオンの構造

表一例3.1.9 トラニオン部の照査結果

項目		備考	
部材	材質	SUS630H1150	
	降伏曲げ圧縮応力度 kN/m^2	σ_y	740,000
	降伏せん断応力度 kN/m^2	τ_y	427,200
ピン	ブッシュ降伏面圧 kN/m^2	f_y	46,000
	作用荷重	P	7,339
	曲げモーメント	M	1,103
ブッシュ	曲げ応力度 kN/m^2	σ	108,183 < σ_y 740,000
	せん断応力度 kN/m^2	τ	45,121 < τ_y 427,200
ブッシュ	作用荷重	P	7,339
	作用面圧力 kN/m^2	σ_p	17311.4 < f_y 46,000

②アンカレッジの照査

本ゲートにおけるアンカレッジの構造および照査結果をそれぞれ図一例3.1.11および表一例3.1.10に示す。照査は、トラニオンガーダの曲げおよびせん断応力度、テンションビームの引張応力度、門柱（ピア）部基礎コンクリートのコンクリート支圧応力について行った。その結果、いずれも許容値（鋼部材については降伏応力度、基礎コンクリート支圧応力については限界支圧応力度）を下回る値となった。したがって、アンカレッジにおいて問題となる損傷が生じるおそれはないと考えられる。



図一例3.1.11 アンカレッジの構造

表一例3.1.10 アンカレッジの照査結果

項目		備考	
部材	・トラニオンガーダ		
	材質	SS400	
	降伏曲げ圧縮応力度 kN/m^2	σ_y	235,000
	降伏せん断応力度 kN/m^2	τ_y	135,000
	・テンションビーム		
	材質	SM400	
基礎コンクリート	降伏引張応力度 kN/m^2	σ_{ty}	235,000
	・基礎コンクリート	$f_{ck}=21\text{N/mm}^2$	
	許容支圧応力度 kN/m^2	σ_{ca}	5,900
トラニオンガーダ	限界支圧応力度 kN/m^2	f_{ak}	39,000
	作用荷重	P	7,339
	曲げモーメント	M	6,972
	曲げ応力度 kN/m^2	σ	75,670 < σ_y 235,000
	せん断応力度 kN/m^2	τ	73,504 < τ_y 135,000
	テンション		
テンションビーム	作用荷重	R0	9,138
	引張応力度 kN/m^2	σ_t	115,377 < σ_{ty} 235,000
基礎コンクリート	・中央ピア		
	作用荷重	P	7,339
	コンクリート支圧応力 kN/m^2	f_c	5,170 < f_{ak} 39,000
	・端部ピア		
基礎コンクリート	作用荷重	P	1,660
	コンクリート支圧応力 kN/m^2	f_c	6,431 < f_{ak} 39,000

(2)戸当たり水密部の照査

本ゲートでは、扉体側部および下部を水密ゴムにより止水する方式としている。線形動的解析の結果、戸当たり部の最大応答変位は表一例3.1.11に示すとおりであった。

下部戸当たり部は水平面に対し傾斜した形状となっているため、上下流方向変位が大きくなると水密性に問題が生じる可能性がある。しかし、上下流方向の最大応答変位は設計上確保されているつぶれ代(10mm)を下回る値となっており、下部戸当たりの水密性は保持されると考えられる。

側部戸当たりについては、上下流方向、鉛直方向に変位が生じているが水密性に影響を与える方向ではない。ダム軸方向変位については解析において固定条件としているが、地震荷重の作用方向からその変位は僅かであると考えられる。

以上より、本ゲートでは戸当たり部の変位によっても水密性が保持され、貯水機能は十分維持さ

れると考えられる。

表一例3.1.11 戸当たり部の最大応答変位

戸当たり位置	上下流(X)方向	ダム軸(Y)方向	鉛直(Z)方向
下部	3.85mm	— (境界条件：固定)	0.00mm
側部	3.96mm	— (境界条件：固定)	1.93mm

3.4 地震応答解析による照査結果のまとめ

以上の検討結果を総合すると、本ゲートでは、レベル2地震動により補助構造部材の一部で局部座屈が生じる可能性があるが、その他の部材の応答は弾性域内にとどまると考えられる。したがって、貯水機能に支障をきたすような損傷が生じるおそれはないと判断される。