

令和2年8月25日（火） 令和2年度 第1回 大阪府河川構造物等審議会 気候変動検討部会	資料2
---	-----

---

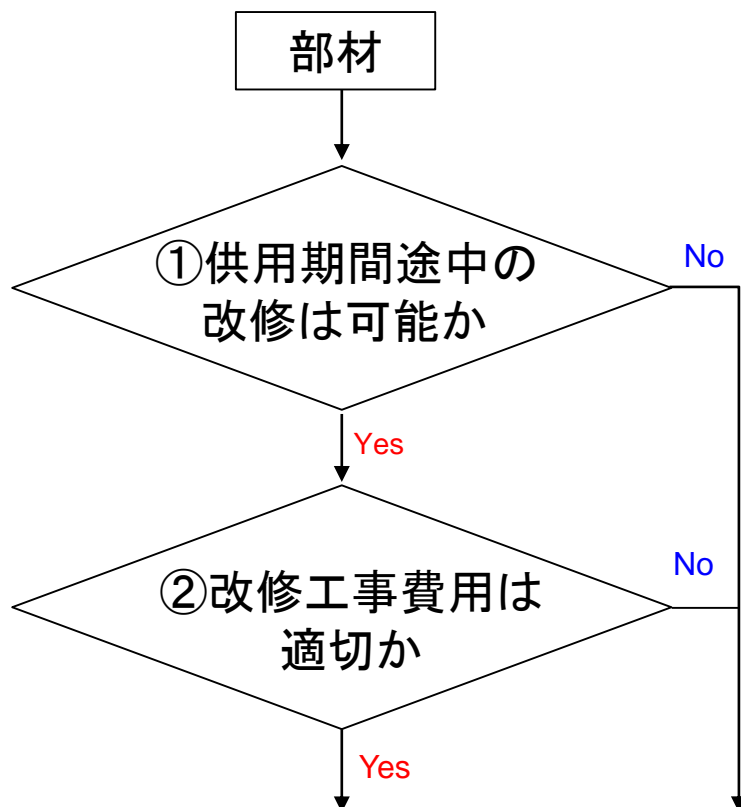
---

# できるだけ手戻りのない設計の考え方

---

---

- 気候変動予測を基に設定した外力には、様々な不確実性が潜在するため、手戻りなく設計すること、また過剰な投資にならないように設計することの両面を考慮することが重要である。
- そのため、各部材の設計に際しては、あらかじめ対策を講じておく「先行型対策」と将来における気候変化を確認後に対策を講じる「順応型対策」のどちらか適切な対策方法を選択する。



### ①の主な評価の視点

- 要求性能の確保
  - ・ 改修中においても、高潮・津波への対応が可能であるか
  - ・ 航行船舶への影響はないか
- 実現性
  - ・ 技術上の観点から実現可能か
  - ・ 地元や関係者との調整の見通しはどうか

### ②の主な評価の視点

- ・ 初期費用は妥当か
- ・ 改築・供用期間の総費用は妥当であるか

### 【順応型対策】

設計時に気候変動は考慮せず、気候変動による外力増を確認後に逐次対策を講ずる。

### 【先行型対策】

部材の耐用年数内で予測される外力の増大分を考慮して設計を行う。

# 1. 気候変動の影響を考慮した設計（まとめ）

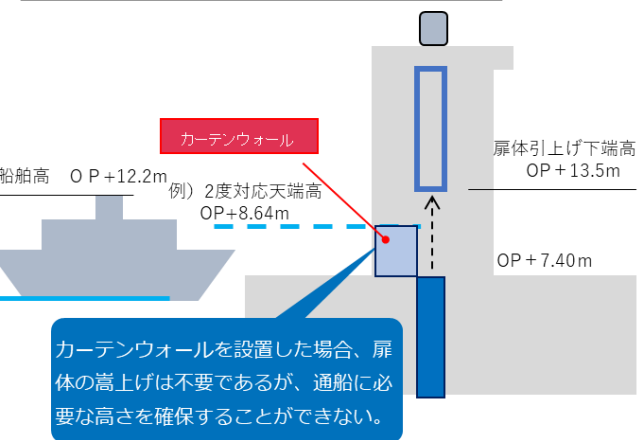
- 基礎工、門柱、堰柱、床版は、供用途中の改修が困難であるため、「先行型対策」を基本とする。
- 扉体・戸当りは、供用途中であっても比較的安価に改修できる可能性があるため、詳細な検討を行い、「先行型対策」、「順応型対策」を決定する。
- 操作室などの機械・電気設備は、更新時での対応が可能であるため、「順応型対策」を基本とする。

部位	途中改修の 工事期間	改修工事費 上段:2度上昇 下段:4度上昇	耐用年数	工事中の影響	対策型	
基礎工	約2年	約26億円 約26億円	供用期間と同様	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響</li> </ul>	途中改修の実現性は困難であるため「先行型対策」	
門柱	約2年	約22億円 約22億円	供用期間と同様	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響</li> </ul>	途中改修の実現性は困難であるため「先行型対策」	
堰柱	約2年	約22億円 約22億円	供用期間と同様	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響</li> </ul>	途中改修の実現性は困難であるため「先行型対策」	
床版	約2年	約26億円 約26億円	供用期間と同様	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響</li> </ul>	途中改修の実現性は困難であるため「先行型対策」	
扉体・戸当り	約6ヶ月	約10億円 約11億円	80年	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 津波に対するリスクへの対応は必要であるが、非出水期間内での工事が可能</li> </ul>	工事期間が短く、改修工事費も比較的安価であるため、詳細な検討により、「先行型対策」か「順応型対策」を決定する。	
取付護岸	約2ヶ月	約0.2億円 約0.2億円	供用期間と同様	—	比較的容易に改修が可能でかつ安価であるため、「順応型対策」とする。	
操作室	巻上機	約7ヶ月	約12億円 約12億円	50年	—	耐用年数が50年であり、設備の更新に合わせて対応可能であるため、「順応型対策」とする。
	その他制御設備	1～6ヶ月	約6億円 約6億円	15年～20年	—	耐用年数が20年程度であり、設備の更新に合わせて対応可能であるため、「順応型対策」とする。

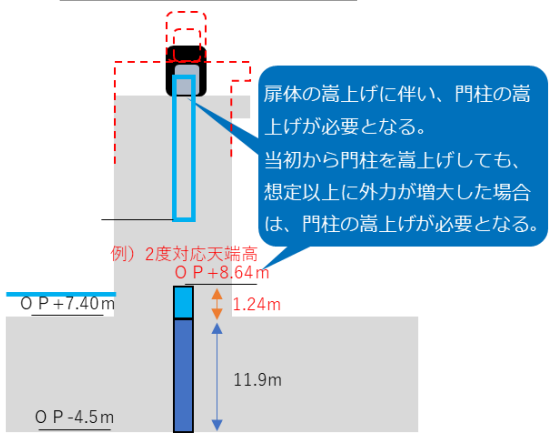
# 2. 扉体の検討

- カーテンウォールを設置した場合、通船に必要な高さを確保できないため、採用できない。
- 扉体嵩上げの場合、嵩上げの大きさによっては、門柱の嵩上げが必要となり、大きな手戻りとなる可能性がある。
- 2段ゲートの場合、外力の増大に合わせ、新たな扉体を設けることが可能であり、仮に4度上昇外力に増大しても、門柱の嵩上げを必要としない。
- よって、外力の増大に柔軟に対応でき、手戻りの可能性が少ない2段ゲートを採用する。

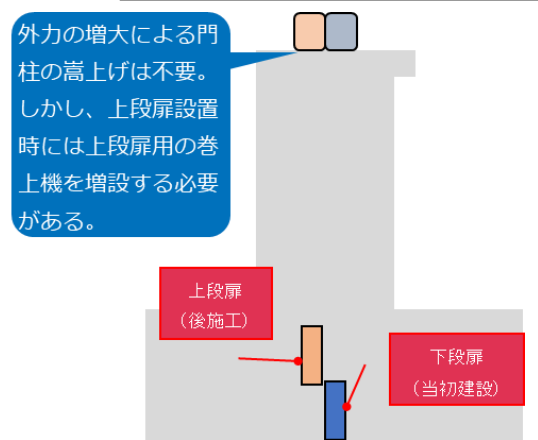
## カーテンウォールの設置



## 扉体の嵩上げ



## 2段ゲートによる対応



	カーテンウォールによる対応	扉体嵩上げによる方法	2段ゲートによる方法
水門への影響	カーテンウォールの荷重増により躯体、基礎工に影響する。	・扉体の荷重増により躯体、基礎工、巻上機に影響する。 ・嵩上げ高によっては、門柱の嵩上げが必要。	・扉体の荷重増により躯体や基礎工に影響し、巻上機の増設も必要となる。 ・嵩上げ高によらず、門柱の嵩上げは不要。
通船への影響	・土木躯体に固定された構造物であり、通船時に支障となる。	・船舶必要高は変わらないため、影響なし。	・船舶必要高は変わらないため、影響なし。
施工性	・工事期間：3か月 ・3案の中で工事期間は短く、施工性は最も優れる。	・工事期間：6か月（扉体の嵩上げのみ） ・既設扉体と嵩上げ扉体を現地で溶接する必要がある、施工性、品質は2段ゲートよりも劣る。	・工事期間：4.5か月 ・工場制作した嵩上げ扉体を既設扉体とは独立して、設置できる。
経済性	・約0.3億円	・約2.5億円（扉体の嵩上げのみ）	・約4億円
評価	×	△	○
	水門への影響、施工性、経済性で最も優れるが、通船への影響が大きく不採用。	経済性に優れるが、嵩上げ高によっては巻上機の交換や門柱の嵩上げが必要で大きな手戻りとなる可能性がある。	気候変動による外力の増大に合わせ、嵩上げゲートを設置するため、柔軟な対応が可能

# 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 気候変動による外力の増大により水門高の不足や各部材の耐力不足が想定されるため、4種類の照査を行う。

## ■気候変動による外力の増大により確保が困難となる項目

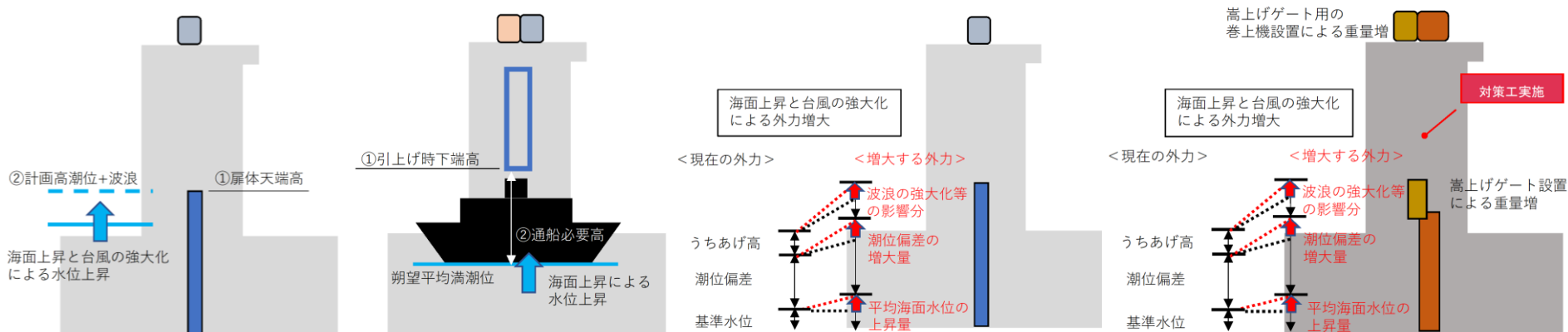
### 高さの不足

- ゲート全閉時の天端高が不足し、施設を越水する可能性がある。⇒①扉体天端高の照査
- 海面水位の上昇により、船舶の通行に必要な形状及び断面積を確保できないおそれがある。⇒②扉体引上げ下端高の照査

### 耐力の不足

- 施設に作用する静水圧や波圧が増加し、各部材の耐力が不足する可能性がある。⇒③外力増による照査
- 不足する高さの対応策としてゲートや門柱の嵩上げを実施すると、死荷重が増加及び各部材への作用荷重が増加し、部材耐力が不足する可能性がある。
- ゲート扉体の嵩上げによる死荷重の増加により開閉装置の能力が不足する可能性がある。  
⇒④対策工を考慮した照査(外力増+補強による荷重増)

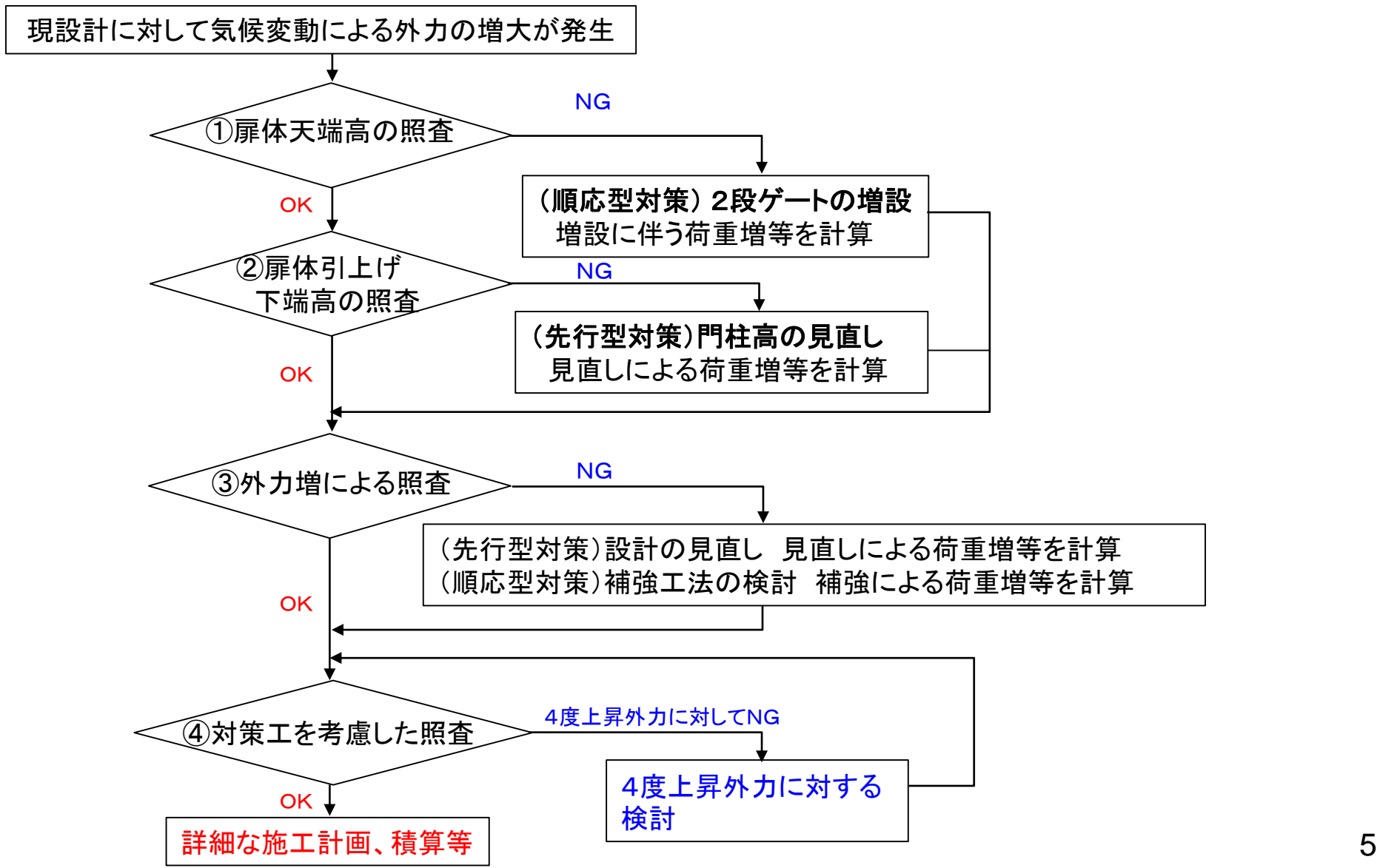
①扉体天端高の照査 ②扉体引上げ下端高の照査 ③外力増による照査 ④対策工を考慮した照査



# 3. 気候変動を考慮した外力による試算

・ 今回照査した検討フロー図を示す

## ■ 検討フロー



### 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 各水門の設計外力については、建設地点により差異が認められるが、その差を的確に把握することが難しく、気候変動による外力の増大にも不確実性があることから、三水門で最大となる外力を採用する。

#### ■水門天端高（令和元年度第3回審議会計算結果）

現計画及び将来気候（2度上昇、4度上昇）のいずれにおいても安治川水門の計算値が最も高い。

	現計画 (現水門)	現計画計算値			2度上昇（95%値）			4度上昇（中央値）		
		安治川	尻無川	木津川	安治川	尻無川	木津川	安治川	尻無川	木津川
基準水位(OP+m)	2.2	2.2			2.3			2.3		
海面上昇(m)	0	0			0.7			0.9		
潮位偏差(m)	3.60	3.87	3.97	4.17	4.32	4.47	4.66	5.25	5.30	5.54
高潮位(OP+m)	5.80	6.07	6.17	6.37	7.32	7.47	7.66	8.45	8.50	8.74
うちあげ高(m)	1.00	0.98	0.68	0.59	1.07	0.74	0.64	1.15	0.80	0.71
余裕高(m)	0.60	0.25								
水門高(OP+m)	7.40	7.30	7.10	7.21	8.64	8.46	8.55	9.85	9.55	9.70
(L1) 津波水位(OP+m)	—	4.46	4.93	5.64	5.26	5.73	6.44	5.46	5.93	6.64
(L2相当) 津波水位(OP+m)	—	5.76	5.85	6.65	6.56	6.65	7.45	6.76	6.85	7.65

#### ■水圧・波圧

現計画及び将来気候（2度上昇、4度上昇）のいずれにおいても高潮外力の木津川水門の計算値が最も高い。

		高潮外力				津波波力	
		静水圧	波圧	合計	現計画に対する増加割合	施設画上(L1)	最大クラス(L2)相当
現計画		10,612	1,200	11,812	1	-	-
現計画 計算値	安治川	11,466	1,222	12,688	1.07	6,433	7,201
	尻無川	11,787	1,231	13,018	1.10	7,550	7,378
	木津川	12,439	1,248	13,687	1.16	9,396	8,951
2度上昇	安治川	15,703	1,441	17,144	1.45	8,224	8,790
	尻無川	16,243	947	17,190	1.46	9,460	8,987
	木津川	16,938	814	17,751	1.50	11,467	10,739
4度上昇	安治川	19,163	1,665	20,828	1.76	8,741	9,243
	尻無川	19,356	1,093	20,450	1.73	10,009	9,449
	木津川	20,295	970	21,265	1.80	12,064	11,345

### 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 気候変動による外力の増大には、不確実性があることから、海面上昇のみ考慮した場合と海面上昇と台風の強大化を考慮した照査を行う。

#### ■高さの照査 検討ケース(安治川水門の計算値を採用)

	現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ				海面上昇 + 台風強大化			
			2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値	2度中央値 + 2度上昇台風	2度95%値 + 2度上昇台風	4度中央値 + 4度上昇台風	4度95%値 + 4度上昇台風
基準水位(OP+m)	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
海面上昇(m)	0	0	0.5	0.7	0.9	1.3	0.5	0.7	0.9	1.3
潮位偏差(m)	3.6	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	4.32	4.32	5.25	5.25
高潮位(OP+m)	5.8	6.07	6.67	6.87	7.07	7.47	7.12	7.32	8.45	8.85
うちあげ高(m)	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.07	1.07	1.15	1.15
余裕高(m)	0.6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
必要水門高 (OP+m)	7.40	7.30	7.90	8.10	8.30	8.70	8.44	8.64	9.85	10.25

#### ■耐力の照査 検討ケース(木津川水門の計算値を採用)

	現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ				海面上昇 + 台風強大化			
			2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値	2度中央値 + 2度上昇台風	2度95%値 + 2度上昇台風	4度中央値 + 4度上昇台風	4度95%値 + 4度上昇台風
基準水位(OP+m)	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
海面上昇(m)	0	0	0.5	0.7	0.9	1.3	0.5	0.7	0.9	1.3
潮位偏差(m)	3.6	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.66	4.66	5.54	5.54
高潮位(OP+m)	5.8	6.37	6.97	7.17	7.37	7.77	7.46	7.66	8.74	9.14
うちあげ高(m)	1	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.64	0.64	0.72	0.71
余裕高(m)	0.6	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
必要水門高 (OP+m)	7.40	7.21	7.81	8.01	8.21	8.61	8.35	8.55	9.71	10.1



### 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 現計画の水門天端高(OP+7.4m)は、2度の海面水位上昇(中央値(+50cm))で超過する。
- 2度上昇対応後の水門天端高(OP+8.64m)では、4度の海面上昇(中央値)+台風強大化以上になると天端高を超過する。
- 当初建設時の扉体高は、2段ゲートを採用するため、OP+7.4mとし、外力の増大を踏まえ、嵩上げゲート及び嵩上げゲート用の巻上機を増設する。

#### ①扉体天端高の照査

	現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強大化			
			2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値	2度中央値+ 2度上昇台風	2度95%値+ 2度上昇台風	4度中央値+ 4度上昇台風	4度95%値+ 4度上昇台風
高潮位(OP+m)	5.8	6.07	6.67	6.87	7.07	7.47	7.12	7.32	8.45	8.85
波高(m)	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.07	1.07	1.15	1.15
高潮位+波浪(OP+m)	6.80	7.05	7.65	7.85	8.05	8.45	8.19	8.39	9.60	10.00
現設計に対する照査 (OP+7.4m)	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2度上昇対応設計に対する 照査(OP+8.64m)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG

#### ■水門上流への越流量の推定

		越流量 (m <sup>3</sup> )
現設計 (OP+7.40m)	将来2度 95%値	5,556
	将来4度 中央値	188,953
	将来4度 95%値	348,729
2度対応 (OP+8.64m)	将来4度 中央値	882
	将来4度 95%値	18,712

※扉体からの越流のみ考慮



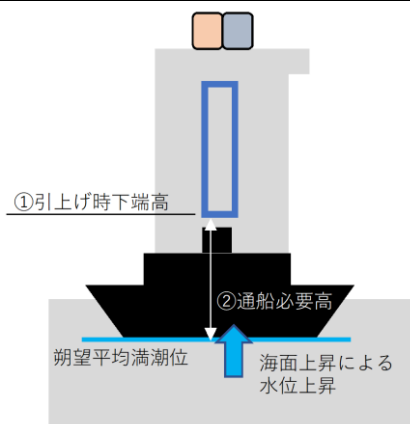
### 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 船舶の通行に必要な扉体引上げ下端高は、現設計において1mの余裕高を設けているため、2度上昇の外力増では、対策不要である。
- 海面水位が4度上昇の95%値まで上昇すると、必要高を確保出来ないため、門柱の嵩上げを検討する必要がある。

#### ②通常の船舶航行に必要な扉体引上げ下端高の照査

- 気候変動による外力の増大は海面水位の上昇のみが対象となる。

		現計画	現計画外力 計算値	海面上昇のみ			
				2度上昇の 中央値	2度上昇の 95%値	4度上昇の 中央値	4度上昇の 95%値
基準水位(OP+m)		2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
海面上昇(m)		0	0	0.5	0.7	0.9	1.3
朔望平均満潮位(OP+m)		2.2	2.2	2.8	3.0	3.2	3.6
対象船舶 通航時高さ	安治川水門 (マスト高10m)	12.2 OK	12.2 OK	12.8 OK	13.0 OK	13.2 OK	13.6 NG
	尻無川水門 (マスト高10.2m)	12.4 OK	12.4 OK	13 OK	13.2 OK	13.4 OK	13.8 NG
	木津川水門 (マスト高10m)	12.2 OK	12.2 OK	12.8 OK	13.0 OK	13.2 OK	13.6 NG



#### 扉体引上げ下端高の設定根拠

	安治川	尻無川	木津川	
朔望平均満潮位(OP+m)	2.2	2.2	2.2	
対象船舶マスト高(m)	10	10.2	10	
余裕高(m)	1	1	1	
引上げ時ゲート 下端高(OP+m)	(必要高)	13.2	13.4	13.2
	(採用高) 0.5m丸め	13.5		

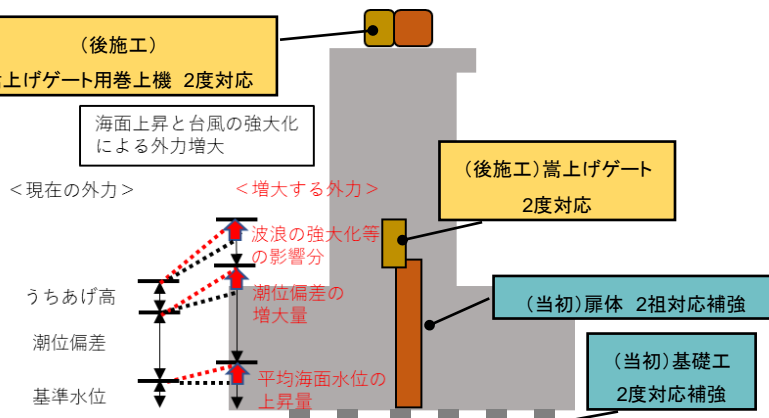
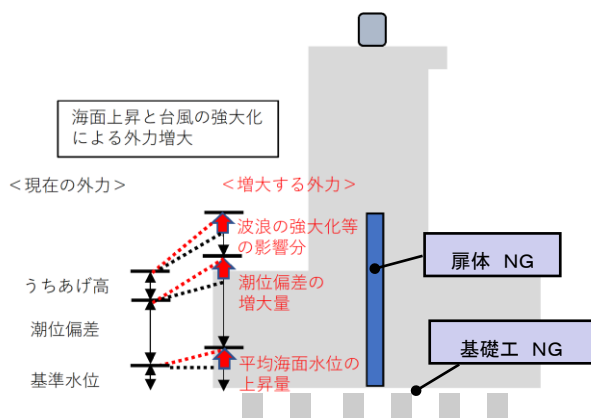
# 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 現計画外力で設計した場合、基礎工と扉体において2度上昇外力において耐力が不足する。
- 門柱、堰柱、床版は、水位上昇による外力の増大に対して、4度上昇外力でも現機能を確保でき、補強は不要。
- 基礎工は、途中改修が困難であるため、建設当初から2度対応とする。
- 扉体は、高さの確保については嵩上げゲートの後施工が可能であるが、扉体の補強は途中改修が困難であるため、扉体強度は建設当初から2度対応とする。

## ③外力の増大に対する照査(現計画外力で設計した場合)

照査箇所	現計画	現計画外力計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強化			
			2度上昇の中央値	2度上昇の95%値	4度上昇の中央値	4度上昇の95%値	2度中央値+2度上昇台風	2度95%値+2度上昇台風	4度中央値+4度上昇台風	4度95%値+4度上昇台風
基礎工	OK	OK	OK	OK	NG	NG	NG	NG	NG	
門柱	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
堰柱	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
床版	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
扉体	OK	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	
巻上機	— (水位増による影響は無し)						※1	※2		

- ※1 (2度95%値+2度上昇台風) 扉体: 下段扉(主桁)の許容たわみ度がNG⇒水密性が困難となる可能性がある(流出はしない)。基礎工: 中央堰柱の杭において変位量がNG⇒水門躯体と杭頭が分離する可能性があり、躯体が微小に傾斜する可能性がある。
- ※2 (4度中央値+4度上昇台風) 扉体: 上・下段扉(主桁)の許容たわみ度がNG⇒水密性が困難となる可能性がある(流出はしない)。基礎工: 中央堰柱の杭において変位量及び応力度がNG⇒水門躯体と杭頭が分離する可能性があり、躯体が傾斜する可能性がある。



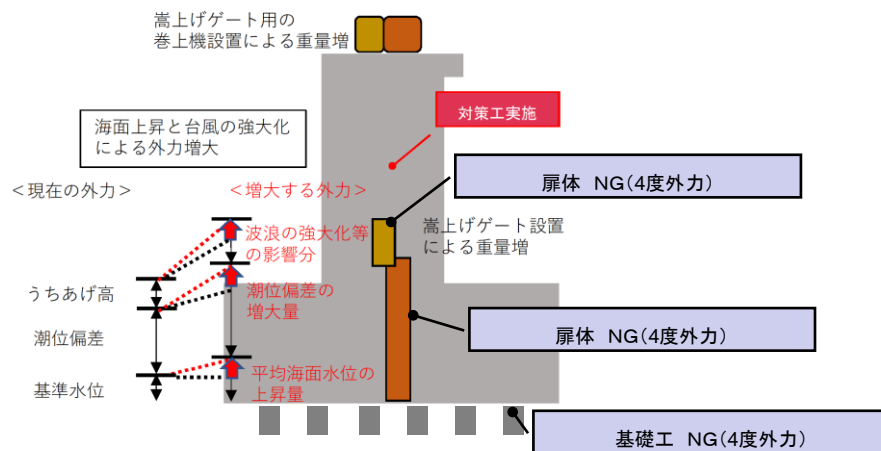
### 3. 気候変動を考慮した外力による試算

- 基礎工、扉体、巻上機を2度対応に補強した場合において、照査を実施。
- 基礎工及び扉体は、4度上昇外力において耐力が不足する。
- 門柱、堰柱、床版は、2度対応による扉体と巻上機の重量増及び4度上昇まで外力が増加しても現設計の仕様で耐える。

#### ④対策工を考慮した照査(外力増+補強による荷重増)

照査箇所	現計画	現計画外力計算値	海面上昇のみ				海面上昇+台風強化			
			2度上昇の中央値	2度上昇の95%値	4度上昇の中央値	4度上昇の95%値	2度中央値+2度上昇台風	2度95%値+2度上昇台風	4度中央値+4度上昇台風	4度95%値+4度上昇台風
基礎工(2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	
門柱(現設計)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
堰柱(現設計)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
床版(現設計)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
扉体(初期整備扉体_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	
扉体(高上げゲート_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG	
巻上機(初期整備扉体_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
巻上機(高上げゲート_2度対応)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

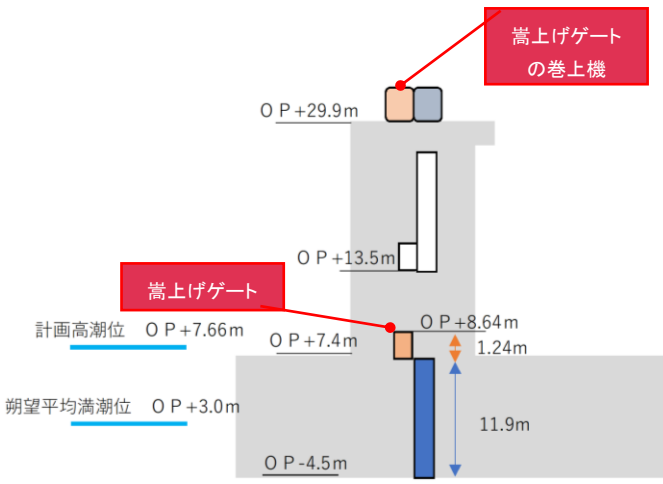
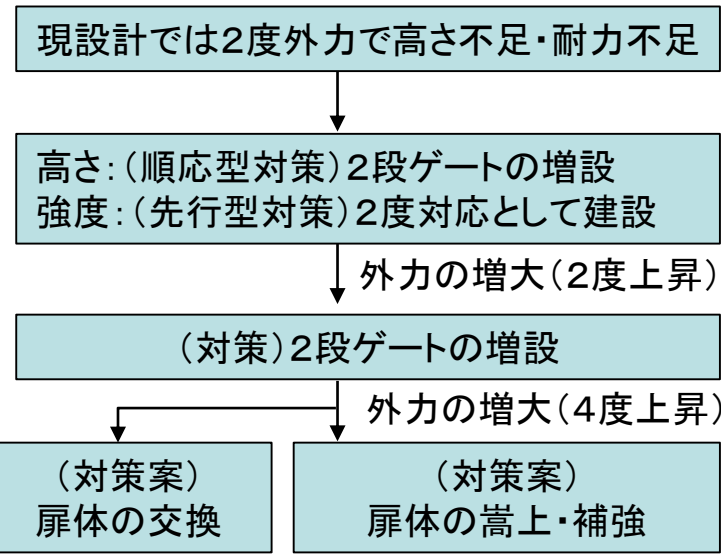
※1 (4度中央値,95%値+4度上昇台風) 扉体:下段扉(主桁)の許容たわみ度がNG⇒水密性が困難となる可能性がある(流出はしない)。 ※1  
 基礎工:中央堰柱の杭において変位量がNG⇒水門躯体と杭頭が分離する可能性があり、躯体が傾斜する可能性がある。



# 4. 4度上昇外力への対応策（案）

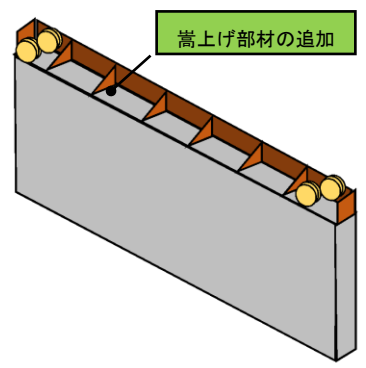
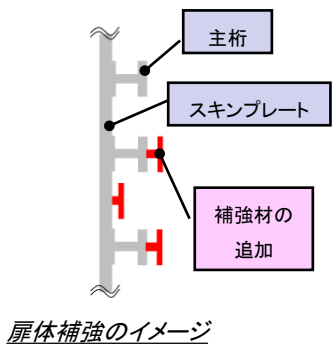
- 2度対応について、高さについては2段ゲートの後施工、扉体強度については先行型対策とする。
- 4度対応について、扉体の補強・嵩上げが不可能な場合、扉体の交換となり、追加工事費は高い。

## ①扉体



## (4度対応)

- 扉体の嵩上げ・補強については、溶接取付による熱歪みによる不具合、母材損傷の恐れがあり、性能保証が確保できるかなど詳細に検討していく必要がある。
- 嵩上げ・補強ができない場合は、扉体の交換が必要となる。
- 扉体を交換する場合は、扉体の撤去時に大規模な仮設が必要となるため、追加工事費が高くなる。



先行型対策とした場合の扉体の概算工事費(億円)

	工事費
現設計	24.0
2度対応 (強度のみ)	25.9
2度対応	26.7
4度対応	35.0

※概算工事費には扉体、巻上機、門柱の工事費が含まれる

2度・4度対応における扉体補強の概算工事費(億円)

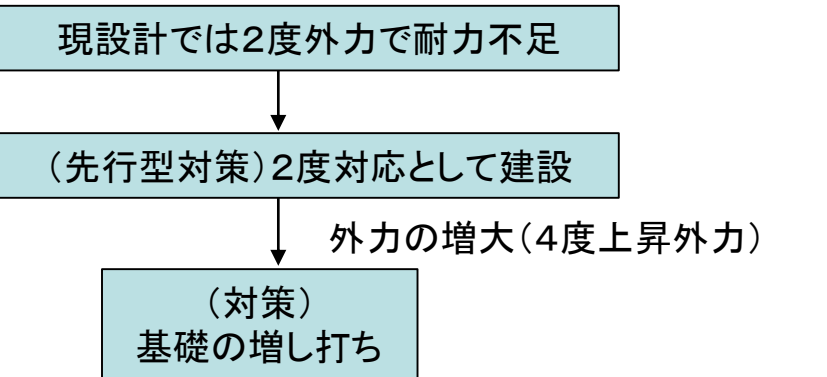
	工事費
嵩上げゲート (2度対応)	5
扉体の嵩上げ・補強 (2度⇒4度対応)	17
扉体の交換 (2度⇒4度対応)	58

※概算工事費には扉体、巻上機、門柱の工事費が含まれる

# 4. 4度上昇外力への対応策（案）

- 基礎工は、途中改修が困難であるため、当初から2度対応として建設する。
- 4度対応としては、基礎の増し打ちが考えられるが、大規模な仮設が必要となり、追加工事費は高い。

## ①基礎工

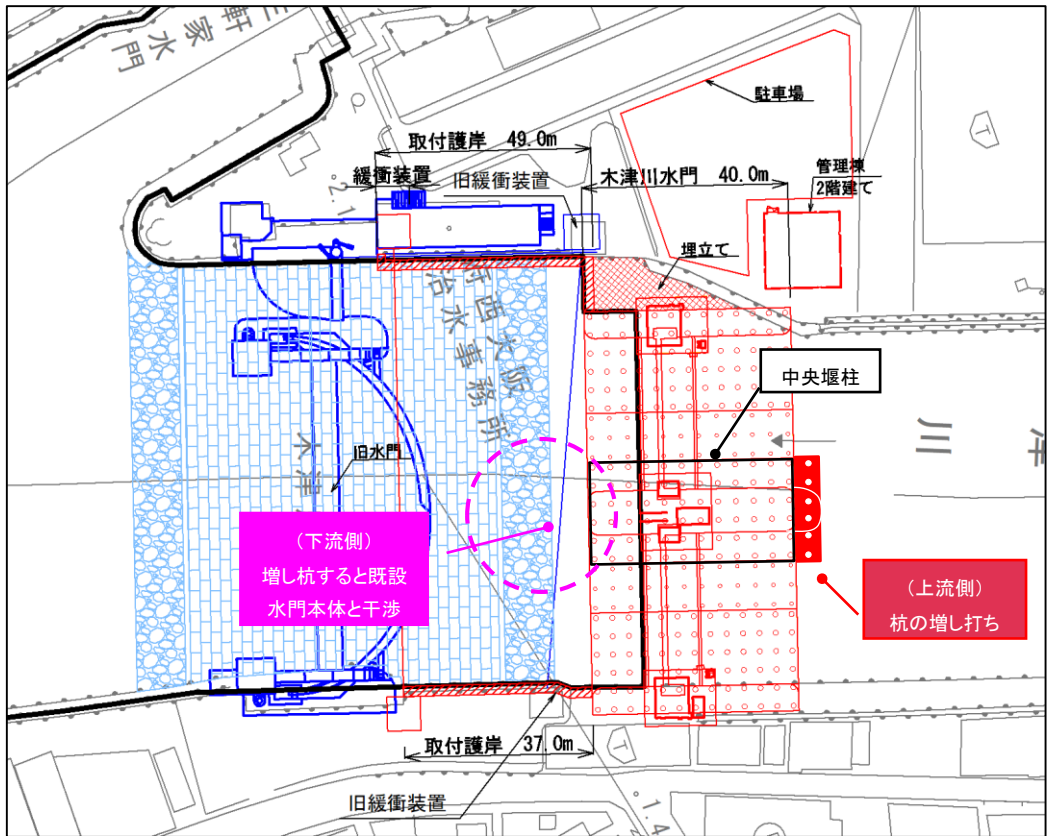


- (4度対応)基礎の増し打ちについて
- 橋梁下部工などの基礎補強として増杭の実績がある。
  - 中央堰柱の水流方向において杭が許容値を満足しないため、制約の少ない上流側に杭を増し打ちする。
  - 土木躯体の底版下面までの大規模な締切が必要となるため、追加工事費は高い。

先行型対策とした場合の基礎工の概算工事費(億円)      4度対応における基礎工補強の概算工事費(億円)

	工事費
現設計	6.0
2度対応	8.5
4度対応	11.0

	工事費
基礎補強工	4
仮設工	25
合計	29



新水門の平面図(青色は既設水門)



# 5. できるだけ手戻りのない設計の考え方

部位		照査結果		設計の考え方
		現設計	2度上昇対応設計	
基礎工		・外力の増加（静水圧等の増加）に対して、2度上昇外力で耐力が不足する。	・4度上昇（中央値＋台風強大化）まで外力が増大すると、耐力が不足する。	・途中改修が困難であるため、当初から2度対応として設計する。 ・4度対応としては、基礎の増し打ちにより対応可能であるが、大規模な仮設が必要となり、費用がかかる
門柱・堰柱・床版		・外力の増加（静水圧等の増加）に対して、4度上昇外力でも現機能を確保する。	・2度対応による扉体と巻上機の重量増及び4度上昇まで外力が増加しても現設計の仕様で耐えうる。	・途中改修が困難であるため、当初から2度対応として設計する。（ただし、今回の試設計では現設計で対応可能）
扉体	高さ	海面水位が2度上昇の中央値（0.5m）で水門天端高を超過する。	4度の海面上昇（中央値）＋台風強大化で波浪が天端高を超え、4度の海面上昇（95%値）＋台風強大化で高潮位が天端高も超える。	・途中改修が可能であるため、初期整備扉体高はOP＋7.4mとし、外力の増大を踏まえ、嵩上げゲートを増設する。 ・4度対応案として、扉体の嵩上げが考えられるが、実現性などについては詳細に検討する必要がある。
	強度	外力の増加（静水圧等の増加）に対して、2度上昇外力で耐力が不足する。	・4度上昇（中央値＋台風強大化）まで外力が増大すると、耐力が不足する。	・途中改修が困難であるため、当初から2度対応として設計する。 ・4度対応案としては、扉体の補強が考えられるが、実現性などについては詳細に検討する必要がある。
巻上機		・4度上昇外力でも現機能を確保する。 ・ただし、嵩上げゲート増設時には新たな巻上機を増設する必要がある。	・4度上昇外力でも現機能を確保する。	・嵩上げゲート増設時に新たな巻上機を増設するため、巻上機室の設計時には増設を考慮する必要がある。