

令和2年2月28日（金）
令和元年度 第3回
大阪府河川構造物等審議会

資料4

できるだけ手戻りのない設計の考え方

1. 気候変動により増大する外力の水門への影響

■気候変動による外力の増加

①高さの増加

将来気候における水門天端高は、三水門で最も高くなる安治川水門の計算値を採用する。

	水門天端高
現行計画	OP+7.40m
2度上昇 (海面上昇:95%値)	OP+8.64m (現行計画+1.24m)
4度上昇 (海面上昇:中央値)	OP+9.85m (現行計画+2.45m)

②作用荷重の増加

	(参考)静水圧・波力
現行計画	16,968kN/1扉
2度上昇 (海面上昇:95%値)	27,869kN/1扉 (現行計画の1.64倍)
4度上昇 (海面上昇:中央値)	35,191kN/1扉 (現行計画の2.07倍)

■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

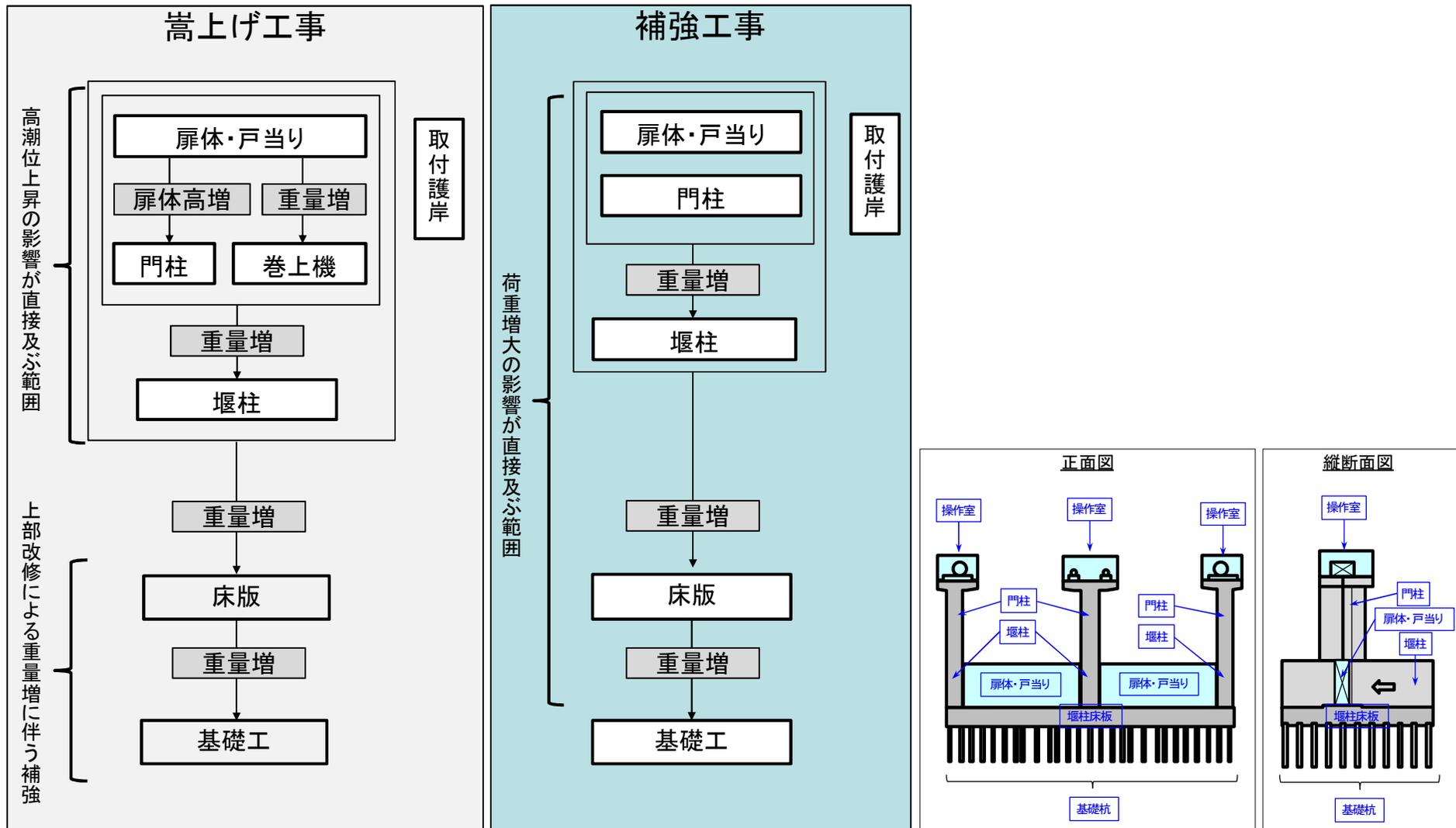
- ゲート全閉時の天端高が不足し、施設を越水する可能性がある。
- 海面水位の上昇により、船舶の通行に必要な形状及び断面積を確保できないおそれがある。

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。
- 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。

1. 気候変動により増大する外力の水門への影響

- 不足する高さの嵩上げや作用荷重の増加に対する補強工事は、様々な部材に影響を及ぼすため、対策を行う部材だけでなく、各部材について照査を行い、必要に応じ、副次的な対策を行う必要がある。



- 気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言に基づき、施設設計の外力は、2度上昇を想定し、部材毎に耐用期間内に必要とされる安全性を確保するものとし、耐用期間終了時点で想定される外力を用いて設計を行う。
- ただし、2度上昇外力の予測値には不確実性があることや更なる温度上昇にも備える観点から、4度上昇の外力まで増加した場合でも改造できるような設計上の工夫について検討する。

■気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 「施設設計上の対応」の考え方

（基本的な考え方）

- 施設の耐用年数経過時点において、必要とされる安全性が確保されるように、気候変動の影響を考慮
- 耐用年数の長い施設については、予測の不確実性も踏まえ、容易かつ安価に改造できるような設計上の工夫を実施。

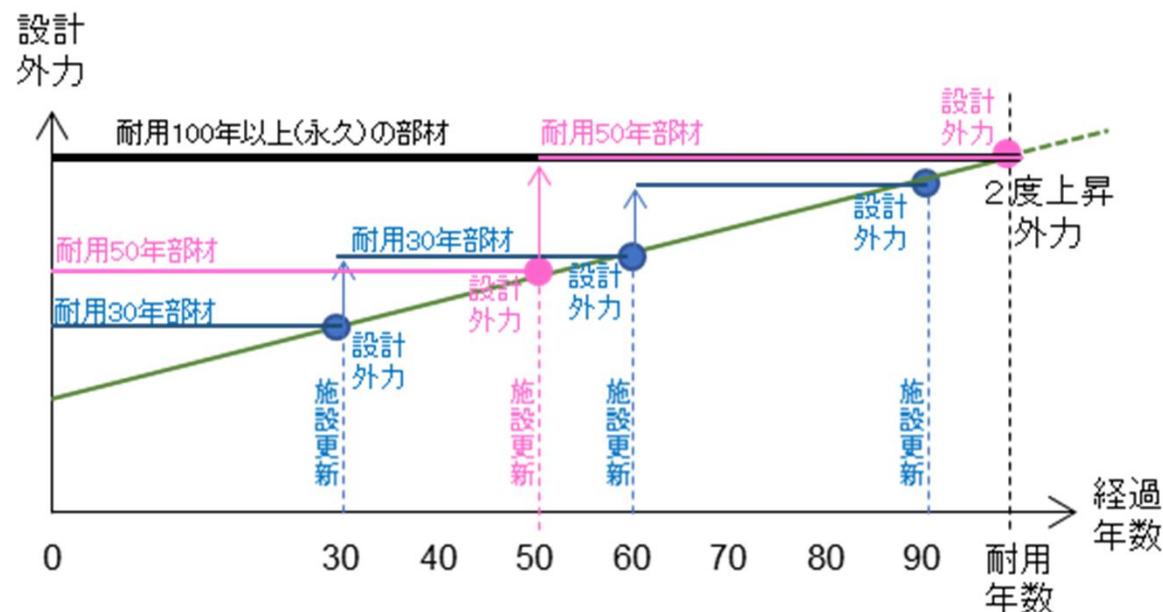
（採用する外力の考え方）

- RCP2.6(平均値)の活用
※施設の耐用年数経過時点(更新時点)における外力を設計
- RCP8.5シナリオの活用
更なる温度上昇に備えて、構造変更を容易にする工夫等を検討する場合の外力に活用

（具体の対応策）

- 2度上昇による外力増加を設計に反映
- 4度上昇でも改造等が容易になる工夫
- 順次対応可能な構造

■部材毎の耐用期間を考慮した外力条件の設定イメージ



■更新年数の例

- 耐用100年以上(永久): 本体(門柱)、基礎など
- 耐用50年部材: ゲート扉体など
- 耐用30年部材: 制御機器など

※「水門・陸閘等維持管理マニュアル」H30.5を参考に記載

2. 気候変動の影響を考慮した設計（概算工事費の算出）

- 2度、4度上昇外力における水門天端高の概算工事費を試算した。
- 2度上昇対応では約5億円、4度上昇対応では約10億円のコスト増となる。

■概算工事費の試算の考え方

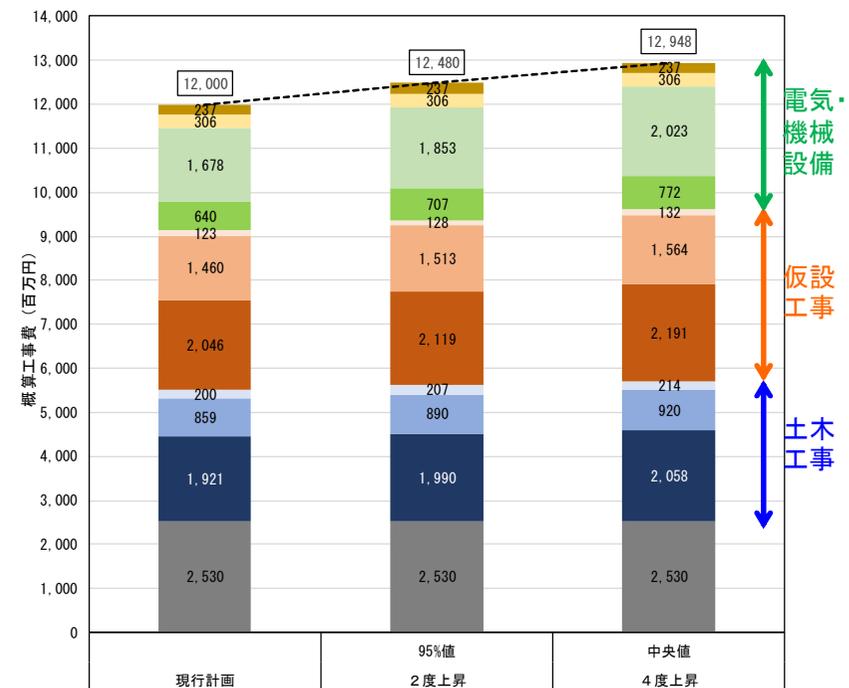
現行高潮計画に基づいた概略設計を基に、嵩上げ高比（土木施設：門柱高嵩上げ高比、扉体等：ゲート嵩上げ高比）から将来気候の水門高における建設費用を算出した。制御装置、建築工事費は、原案と同等とした。

項目		概算費用算定の考え方	
土木工事	土木躯体	コンクリート	外力変化（水門天端高上昇）による門柱のコンクリート増加割合を当初事業費に乗じて算定 各部位一律に増加すると想定
		鉄筋	
		型枠	
		遮水矢板	
		遮水矢板	
土木躯体	土木躯体における増加率を当初事業費に乗じて算定		
その他	取付護岸	土木躯体における増加率を当初事業費に乗じて算定	
仮設工事	締切り工	鋼管矢板（材料費）	土木躯体における増加率を当初事業費に乗じて算定
		継手（材料費）	
		鋼管矢板（打設費）	
		土留め支保工（材料費）	
		土留め支保工（手間）	
		袋詰めモルタル	
		切断・撤去	
	作業構台	水門施工用	
		杭基礎打設用	
	土工	掘削	
埋戻し			
電気・機械設備	扉体・戸当たり・開閉機器整備工事費	外力変化（水門天端高上昇）による門扉面積増加割合を当初事業費に乗じて算定	
	建築工事費	当初工事費と同額を計上	
	制御装置設置工事費	当初工事費と同額を計上	
その他	調査設計費・現水門撤去費等	外力の増加には影響されない	

■概算工事費の試算結果

【水位条件】

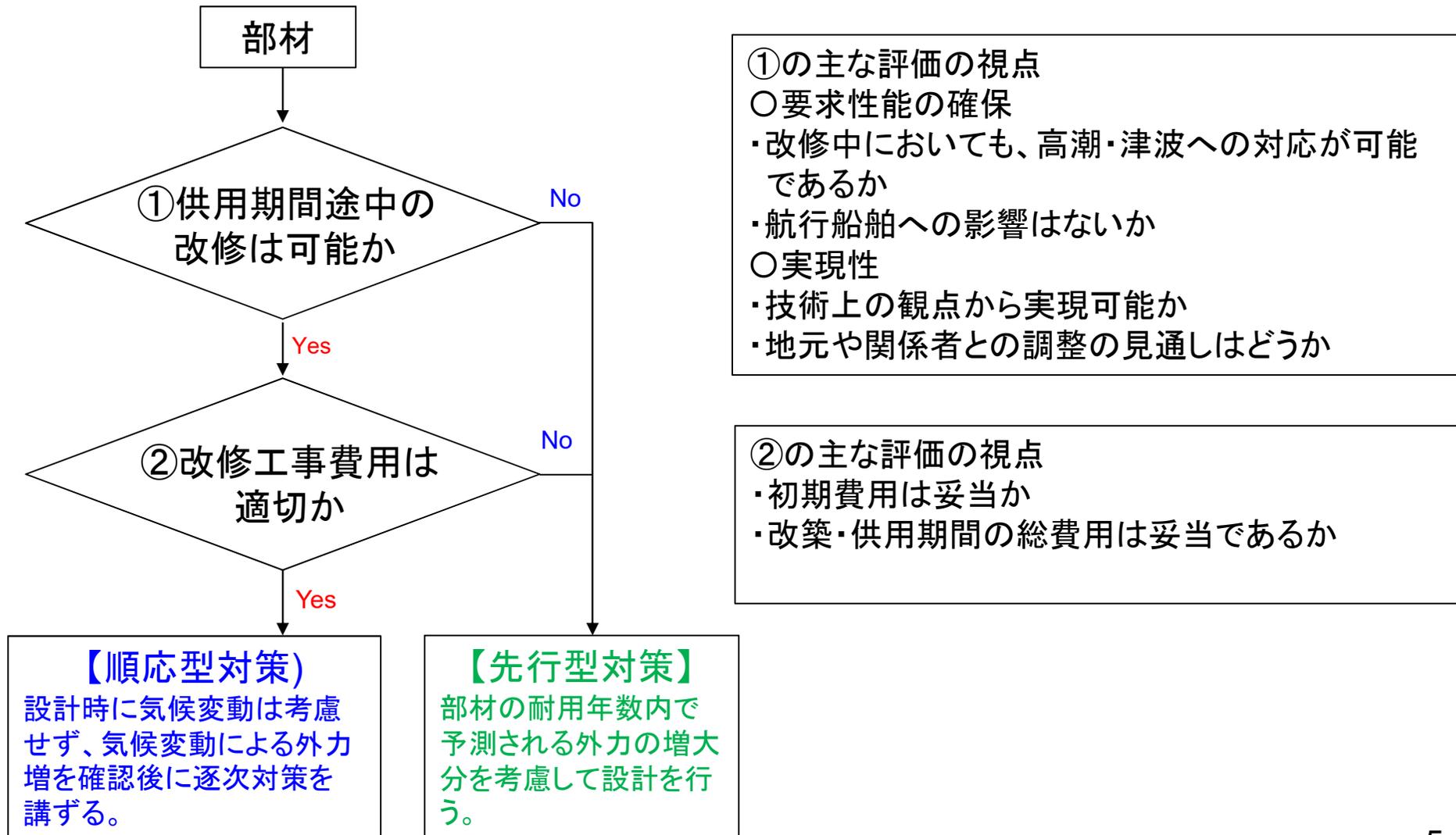
	現行計画	将来2度上昇 (95%値)	将来4度上昇 (中央値)
基準水位	OP+2.20m	OP+2.30m	OP+2.30m
海面上昇量	0.00m	0.70m	0.90m
潮位偏差	3.60m	4.32m	5.25m
うちあげ高	1.00m	1.07m	1.15m
設計水位	6.80m	8.39m	9.60m
施設天端高	OP+7.40m	OP+8.64m	OP+9.85m



- 制御装置設置工事費
- 建築工事費
- 扉体・戸当たり
- 開閉装置
- 仮設直接工事費 土工
- 仮設直接工事費 作業構台
- 仮設直接工事費 締切り工
- 土木直接工事費 その他
- 土木直接工事費 基礎本体
- 土木直接工事費 水門本体
- その他

2. 気候変動の影響を考慮した設計（考え方）

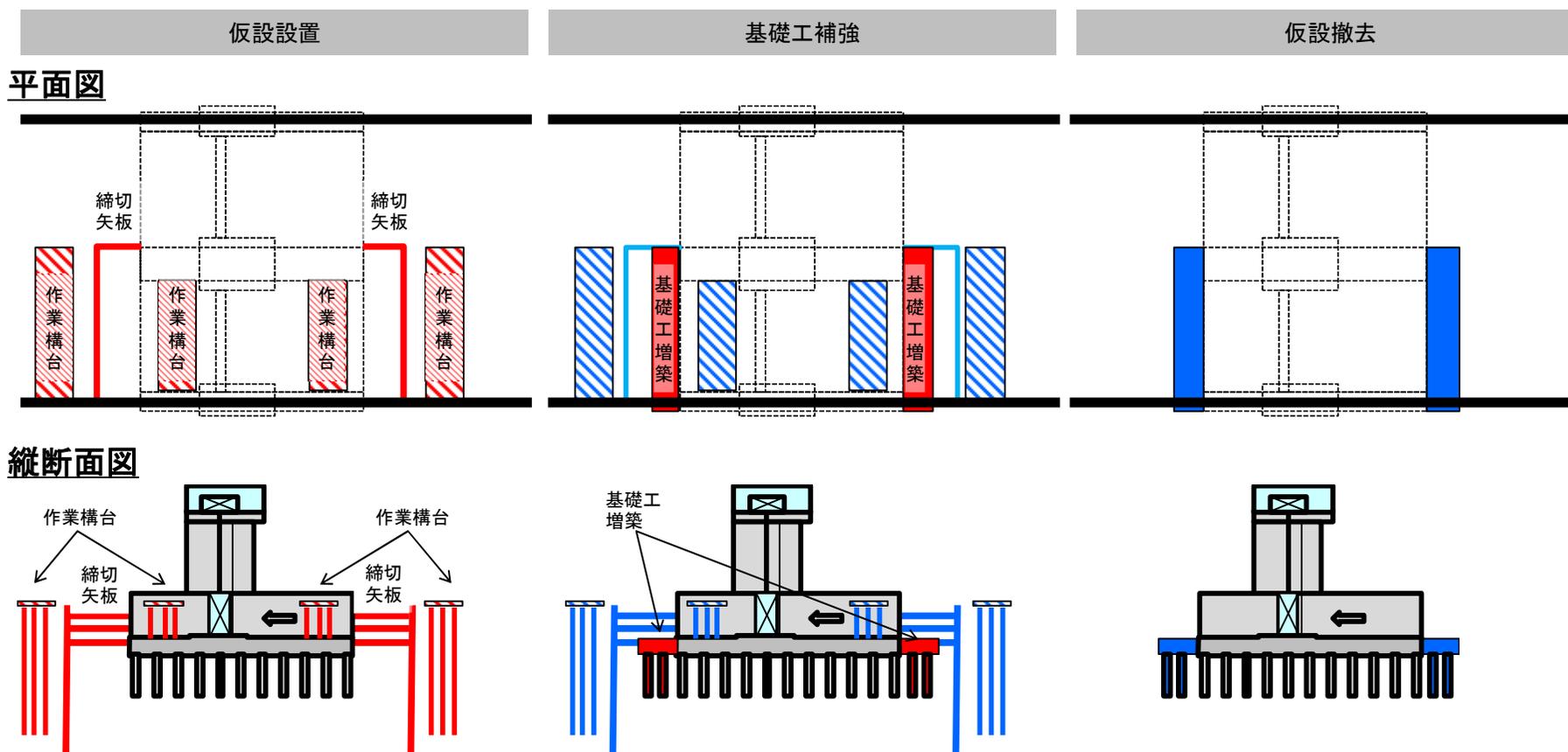
- 気候変動予測を基に設定した外力には、様々な不確実性が潜在するため、手戻りなく設計すること、また過剰な投資にならないように設計することの両面を考えることが重要である。
- そのため、各部材の設計に際しては、あらかじめ対策を講じておく「先行型対策」と将来における気候変化を確認後に対策を講じる「順応型対策」のどちらか適切な対策方法を選択する。



2. 気候変動の影響を考慮した設計（基礎工）

- 基礎工の供用期間中の補強は、技術的には可能であるが、大規模な仮設が必要となり、約2年間の工期及び約26億円の費用を要する。
- 工事期間中の高潮・津波に対するリスクや舟運への影響も大きいいため、補強は困難である。
- よって、基礎工は先行型対策として、設計を行う。

■「基礎工」改修工事イメージ



・締切矢板、作業構台の大規模仮設を設置

2. 気候変動の影響を考慮した設計（門柱）

- 門柱の供用期間中の嵩上げは、操作室の撤去及び復旧が必要となり、約2年間の工期及び約22億円の費用を要する。
- 工事期間中は水門操作が不可能となり、高潮・津波に対するリスクや舟運への影響も大きいいため、嵩上げは困難である。
- よって、門柱は先行型対策として、設計を行う。

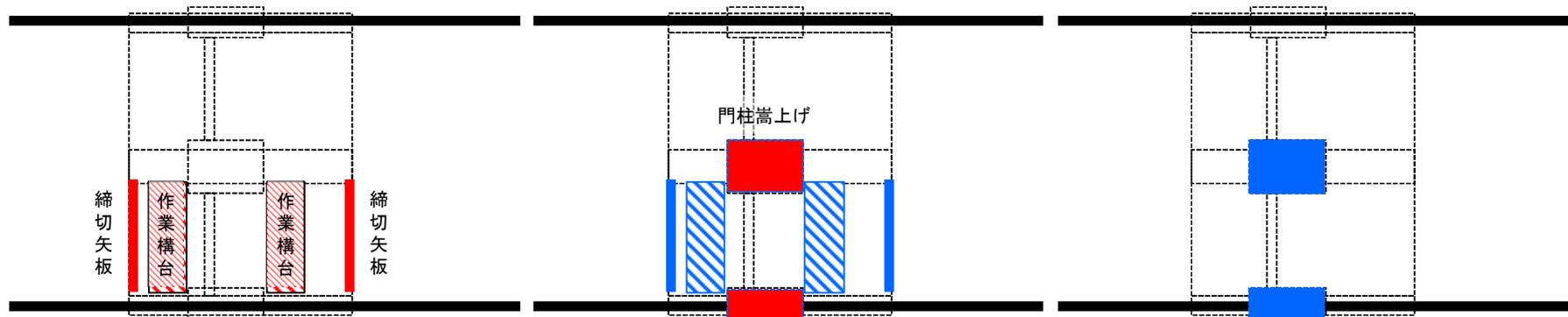
■「門柱」改修工事イメージ

仮設置・操作室撤去

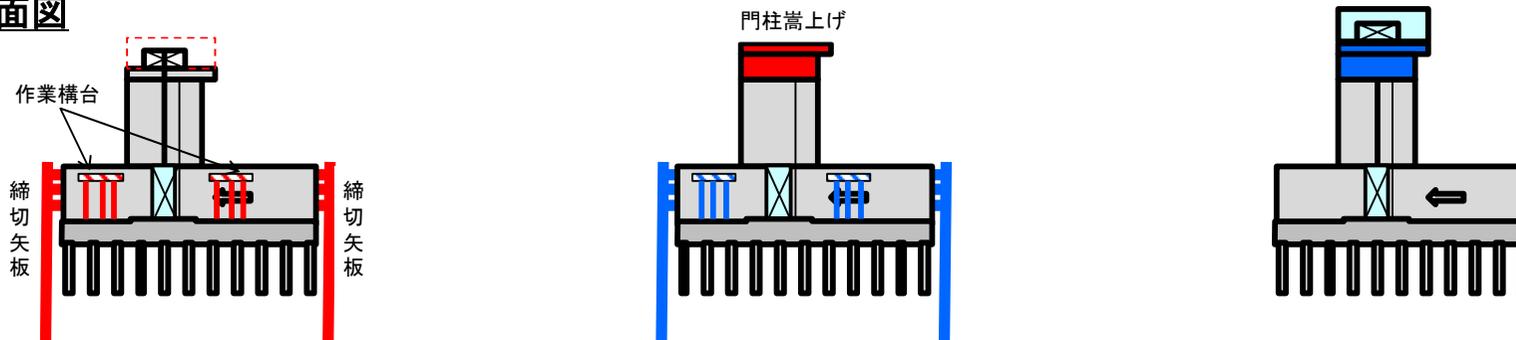
門柱嵩上げ

操作室復旧・仮設置撤去

平面図



縦断面図

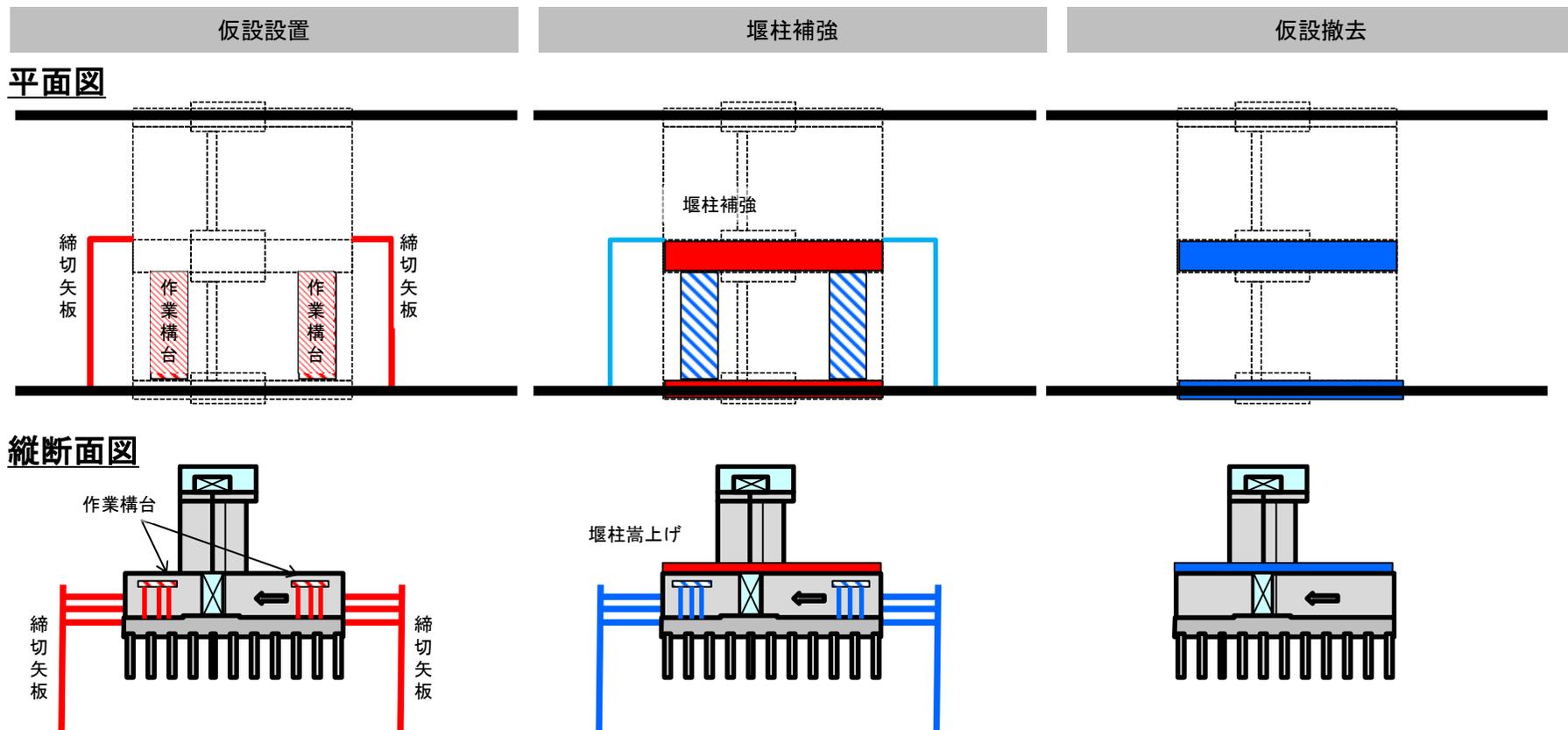


・締切矢板、作業構台の大規模仮設を設置

2. 気候変動の影響を考慮した設計（堰柱）

- 堰柱の供用期間中の補強は、技術的には可能であるが、大規模な仮設が必要となり、約2年間の工期及び約22億円の費用を要する。
- 工事期間中の高潮・津波に対するリスクや舟運への影響も大きいいため、補強は困難である。
- よって、堰柱は先行型対策として、設計を行う。

■「堰柱」改修工事イメージ

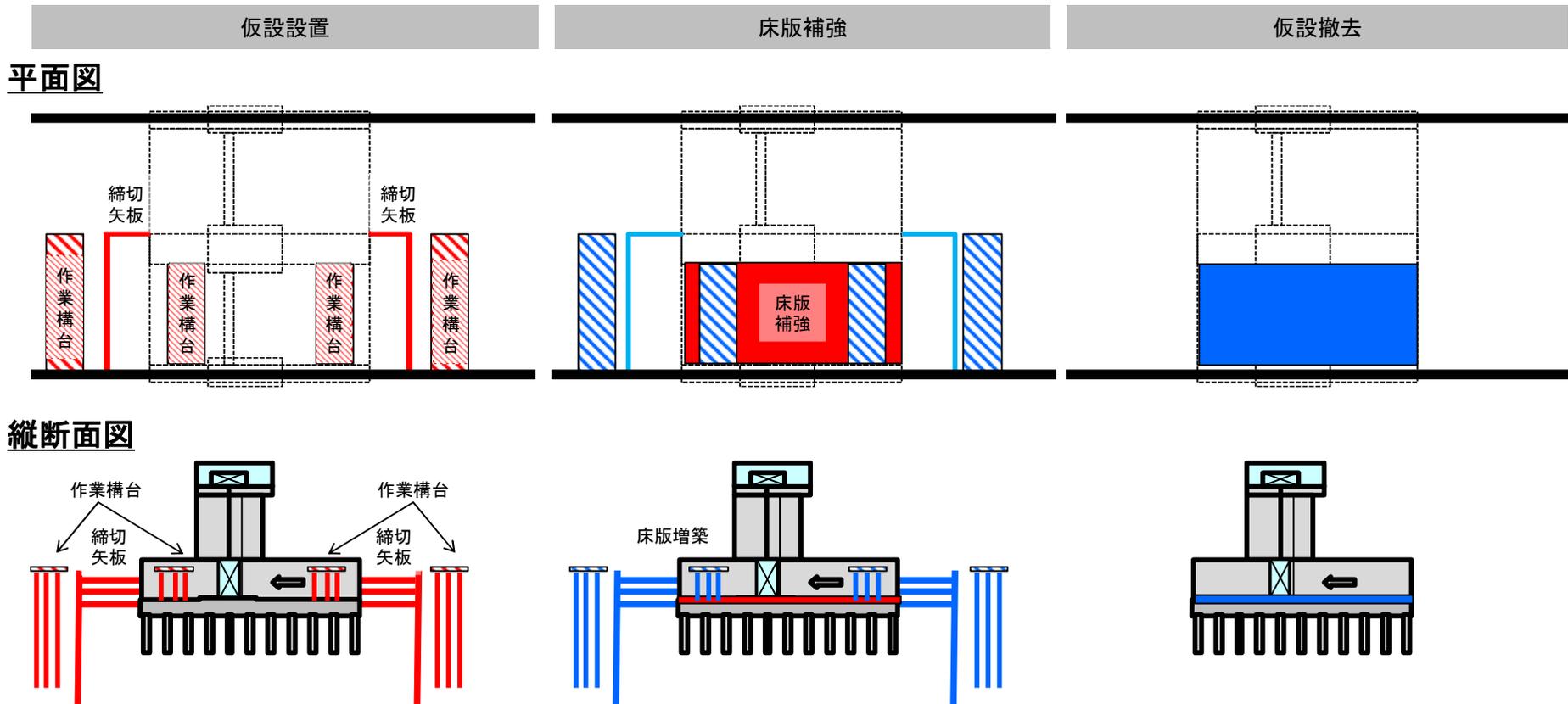


・縮切矢板、作業構台の大規模仮設を設置

2. 気候変動の影響を考慮した設計（床版）

- 床版の供用期間中の補強は、技術的には可能であるが、大規模な仮設が必要となり、約2年間の工期及び約26億円の費用を要する。
- 工事期間中の高潮・津波に対するリスクや舟運への影響も大きいため、補強は困難である。
- よって、床版は先行型対策として、設計を行う。

■「床版」改修工事イメージ



2. 気候変動の影響を考慮した設計（扉体・戸当り）

- 扉体の供用期間中の嵩上げは、約6か月（3か月×2門）の工期及び約10億円の費用を要する。
- 工事期間中は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であるため、高潮への対応は不要である。
- よって、扉体・戸当たりについては、詳細な検討を行い、先行型対策か順応型対策を決定する。

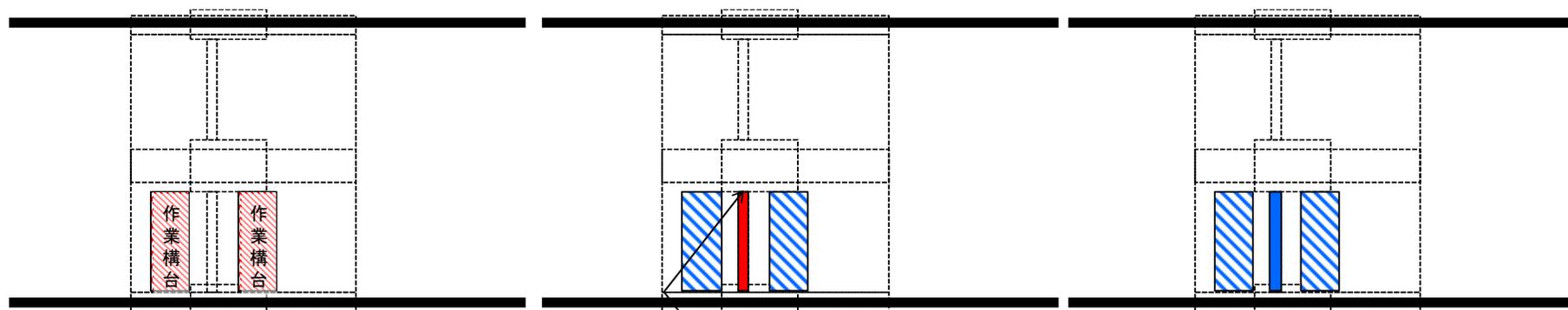
■「扉体・戸当り」改修工事イメージ

仮設置

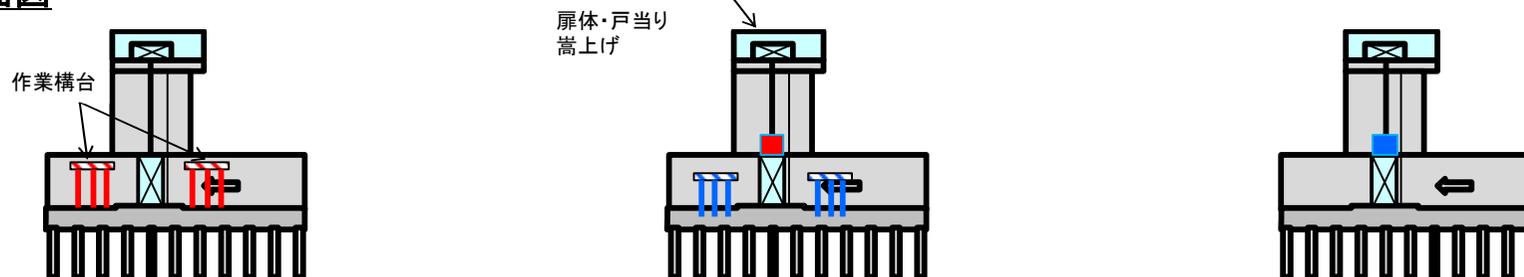
扉体嵩上げ

仮設撤去

平面図



縦断面図



2. 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	• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響	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	• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響	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	• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響	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	• 長期間の高潮・津波に対するリスクや舟運への悪影響	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	• 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	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. 気候変動の影響を考慮した設計（耐用期間の総費用：2度上昇）

- 初期費用では、全部位先行型対策（ケース1）が最も高いが、総費用（80年間）では最も安価となる。
- 現在価値化した総費用（80年間）では、いずれのケースともに大きな違いはない。

■概算工事費の算定ケース

ケース	内容	土木部位	扉体戸当	操作室等
ケース1	全部位を先行型対策	先	先	先
ケース2	基礎工、堰柱、床板、門柱、扉体を先行型対策として設計、その他は途中段階で改修	先	先	順
ケース3	基礎工、堰柱、床板、門柱を先行型対策として設計、その他は途中段階で改修	先	順	順
参考	全部位順応型対策	順	順	順

■当初建設時の外力

先行型対策: 将来気候2度上昇における外力

順応型対策: 現行高潮計画外力

■順応型対策の改修時期の想定

土木部位: 耐用年数が供用期間と同様であるため、開閉装置などの大規模な更新が予定される50年後を改修時期と想定する。

扉体部位: 耐用年数が80年とほぼ供用期間に匹敵する期間となるため、土木部位と同様の50年を改修時期と想定する。

その他部位: 更新時期が10～30年と比較的短いため、更新時期に合わせて改修することを想定する。

■維持管理費用

新水門の基本設計時に整理した維持管理費用を用いる。

(億円)

ケース	初期投資	総費用※1	総費用※2
ケース1：全部位先行型対策	125	204	145
ケース2：土木部位＋扉体部位のみ先行型対策	125	204	145
ケース3：土木部位のみ先行型対策	122	211	144
参考：全部位順応型対策	120	238	145

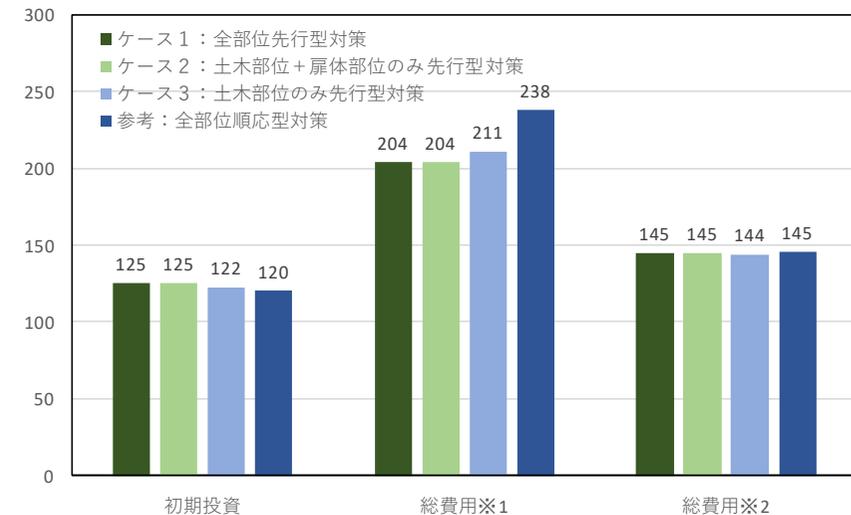
※1供用期間80年間における総費用（維持管理費込み）

※2供用期間80年間における総費用（維持管理費込み）現在価値化

●ケース1とケース2の費用が同額となる理由

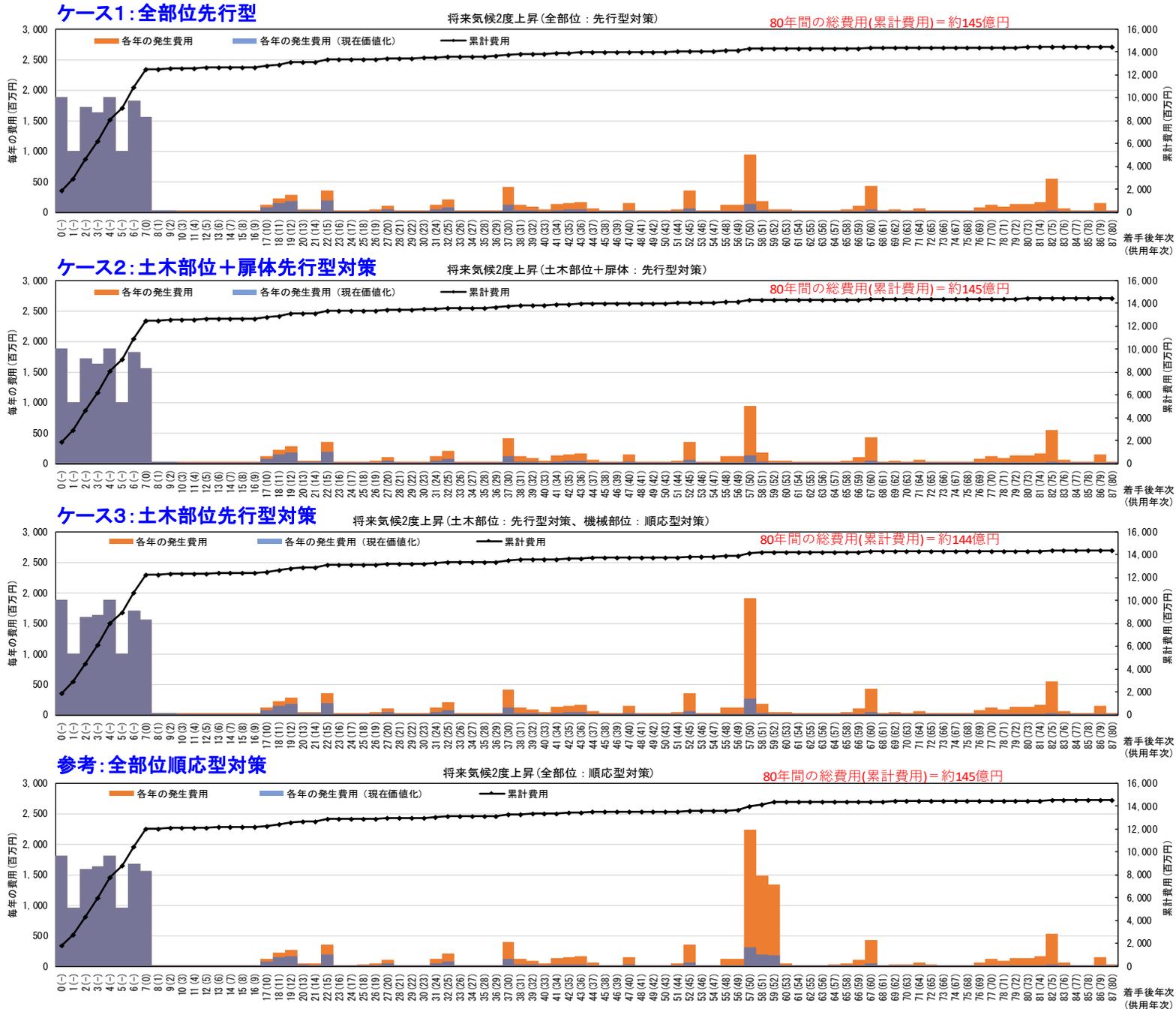
扉体を先行型対策とすると、巻上機などの機械電気設備も先行型対策となり、ケース1と同額となる。

(億円) 概算工事費の比較



※現在価値化における割引率は0.04

2. 気候変動の影響を考慮した設計（耐用期間の総費用：2度上昇）

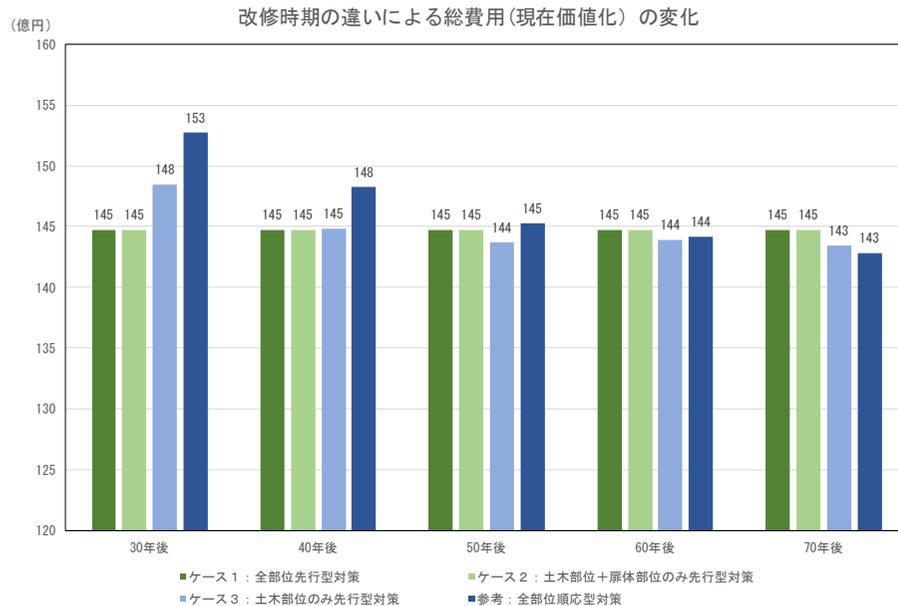


2. 気候変動の影響を考慮した設計（耐用期間の総費用：2度上昇）

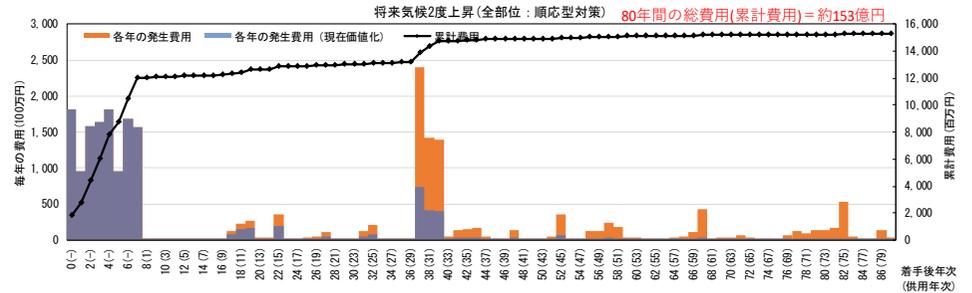
- 現在価値化した総費用は、順応型対策の改修時期が早いほど高く、遅くなるほど安価になる。
- 土木部位を含む全てを順応型対策にした参考ケースでは、供用70年後に改修を行う案が最も安価となるが、水門の耐用年数間近であるため、施設自体の改築を行う方が効率的になる可能性がある。
- 全てを順応型対策で行うことは、実現性及び経済性の観点から大きな手戻りとなる。

■改修時期の違いによる現在価値化した総費用について

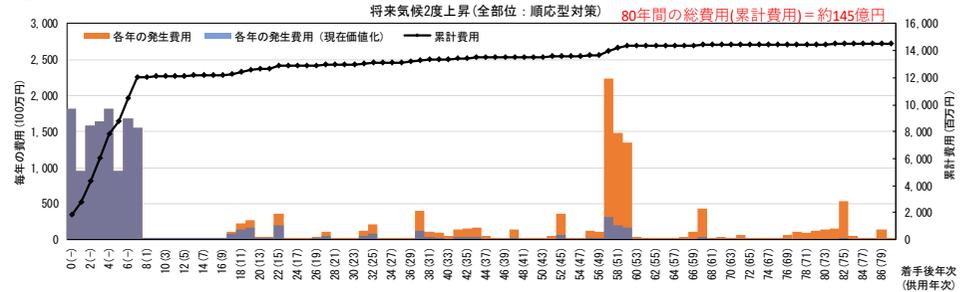
- 途中段階で改修する費用が高いケース3、参考ケースは改修時期が早いほど総費用は高く、遅くなるほど安価になる。
- 外力の増大時期の予測は困難であるため、現在価値化した総費用から評価することは難しい。



■発生費用・累加費用経年変化(将来2度上昇95%、参考ケース)【供用開始30年後に全施設改修】



【供用開始50年後に全施設改修】



【供用開始70年後に全施設改修】

