

地震津波対策の検討結果のまとめ

平成27年3月10日

高知県

国土交通省 四国地方整備局

目 次

• 検討にあたっての前提条件	2
• 周辺環境への影響等の検討方法	3
• 洪水・高潮シミュレーション結果	5
• 潮流・水質シミュレーション結果	6
• 生態系への影響	7
• 航行船舶への影響ヒアリング結果（主なご意見）	8
• 対策断面の検討	9
• 水門設置にかかる検討（コスト縮減方策）	1 1
• 検討結果まとめ	1 2

検討にあたっての前提条件

➤ 第2回検討会議で絞り込まれた各対策案に対して、以下の検討を行い、河川や湾内環境などへの影響を及ぼさない、経済的な対策案を絞り込み、効果・効率性を踏まえた整備計画案のとりまとめを行う。

- ◆ 河川環境：河川流況に影響を及ぼさない固定式構造物の設置。
（洪水、高潮シミュレーションによる影響の確認・検証）
- ◆ 湾内環境：潮流、水質の影響、変化が軽微となる固定式構造物の設置。
（潮流・水質シミュレーションによる影響の確認・検証）
- ◆ 航行船舶：航路幅を確保し、船舶の安全な航行を確保出来る固定式構造物の設置。
（航行船舶関係者へのヒアリング、シミュレーションによる影響の確認・検証）
- ◆ コスト面：施設箇所に応じた対策断面、施工方法、コスト縮減方策。

周辺環境へ影響を及ぼさない、経済的な対策案を絞り込み

- ◆ 効果・効率性：インフラ等の集積、防災拠点・機能など地域の重要度を考慮した、効果的、効率的な整備手順。

整備計画案のとりまとめ

周辺環境への影響等の検討方法

○河川環境への影響（河川流況に影響を及ぼさない固定式構造物の設置）

洪水・高潮シミュレーションによる各河川及び浦戸湾内海域の水位を算出

○洪水シミュレーションの条件

- ・ 朔望平均満潮位（T. P. +1. 0m※）を出発水位とし、1/50年確率降雨（鏡川は、1/70年確率降雨）による高水流量を与えて不等流計算を実施。
 - ・ 計画高潮位（T. P. +3. 5m）を出発水位とし、1/10年確率降雨による高水流量を与えて不等流計算を実施。
- ※河川計画上の朔望平均満潮位（H. W. L）=T. P. +0. 846mをシミュレーション上は、T. P. +1. 0mとして扱う。

○高潮シミュレーションの条件

- ・ 朔望平均満潮位（T. P. +1. 0m（気象庁2013年度成果））を出発水位とし、1/10年確率降雨による高水流量を与えて、既往最大潮位となった台風7010号の高潮推算を実施。

○地形条件

- ・ H25年2月開催の第2回高知県地震・津波防災対策技術検討委員会で設計津波水位の設定に用いられたシミュレーションの地形データ（河川等の施設天端高さについては、現況高さで設定）

各河川などの護岸等から越流を発生させないか、水位上昇による影響を確認

○湾内環境への影響（潮流、水質の影響、変化が軽微で生態系への影響を及ぼさない固定式構造物の設置）

潮流シミュレーションによる潮流、平均流、水温、塩分の将来予測を算出

- 潮汐流、河川流量を考慮したシミュレーションモデルにより再現計算を行い、再現性を確認
- 平均夏季（5年間の平均）を対象に現況計算及び各対策案における将来予測をシミュレーション

水質シミュレーションによるCOD（化学的酸素要求量）、DO（溶存酸素濃度）、TN（全窒素）、TP（全リン）の将来予測を算出

- 河川流入負荷量、人口比率に応じた下水処理場からの流入負荷量などを考慮したシミュレーションモデルにより再現計算を行い、再現性を確認
- 平均夏季（5年間の平均）を対象に現況計算及び各対策案における将来予測をシミュレーション

生態系への影響の検討

- 浦戸湾で漁獲されている底生生物（ノコギリガザミ）に着目した生物への影響を検討

流況、水質の将来予測が環境を悪化させないか、生態系に影響を及ぼさないか確認

周辺環境への影響等の検討方法

○航行船舶への影響（航路幅を確保し、船舶の安全な航行を確保出来る固定式構造物の設置）

航路を利用する船舶関係者へのヒアリング

○船舶からの視認性等の問題、影響についてパイロット、港運企業などへヒアリング

固定式構造物により影響を及ぼさないか確認

○コスト（経済性）

津波シミュレーションによる津波高の算出

○発生頻度の高い津波(L1津波)として設定した、「東南海・南海地震(2連動、M8.6)」津波断層モデル（中央防災会議：2003）により津波高を算出（コスト縮減方策としての水門設置が有効である場合、水門設置も含め算出）

対策断面の検討

○既存施設の水平・鉛直変位の状況に応じ、壁厚の増大、鋼管杭等による堤体補強、液状化対策等の地盤改良を検討
○新しい知見、事例を踏まえつつ、施工箇所に応じた、粘り強く減災効果を発揮する構造上の工夫（粘り強い構造）を検討

水門設置に関する検討（コスト縮減方策）

○長浜川及び仁井田地区などへの水門新設により、水門内側の河川や水路等の護岸における整備水準、整備延長を低減し、コスト縮減が可能であるか検討

各対策案における総事業費（概算）を算出

河川環境、湾内環境、航行船舶への影響が軽微で、最も経済的な対策案を絞り込み

地域におけるインフラ、都市・産業機能の集積や防災拠点・機能としての重要度等を踏まえた整備手順の検討

洪水・高潮シミュレーション結果

		対策案① 湾口部固定式案	対策案② 孕地区固定式案	対策案③ 湾口部・孕地区固定式案
10年確率降雨 洪水シミュレーション	浸水の有無	各対策案とも河川等から「越流による浸水は発生しない」		
	水位変化※ (河川区域)	・ 対策案の中で河川水位の変化が最も小さく最大2cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、3倍程度大きく最大6cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、5倍程度大きく最大9cm程度上昇
50年確率降雨 洪水シミュレーション	浸水の有無	各対策案とも河川等から「越流による浸水は発生しない」		
	水位変化※ (河川区域)	・ 対策案の中で河川水位の変化が最も小さく最大9cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、3倍程度大きく最大30cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、4倍程度大きく最大40cm程度上昇
高潮シミュレーション	浸水の有無	各対策案とも河川等から「越流による浸水は発生しない」		
	水位変化※ (河川区域)	・ 対策案の中で河川水位の変化が最も小さく最大4cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、3倍程度大きく最大10cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、4倍程度大きく最大15cm程度上昇
	ピーク時刻変化による水位変化※ (河川区域)	・ 対策案の中で河川水位の変化が最も小さく3cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、4倍程度大きく最大12cm程度上昇	・ 対策案①と比べ、5倍程度大きく最大15cm程度上昇
考 察		<ul style="list-style-type: none"> ・ 各対策案とも洪水・高潮により、河川護岸等から越流による浸水は無いものの、孕地区に固定式防波堤を設置することにより、河川の水位変化が大きい予測となっている。 ・ 対策案の中で河川への影響が最も小さいと予測されるのは「対策案①湾口部固定式案」である。 ・ 洪水と高潮のピーク時刻を変化させても、各対策案と基本ケースの差は同程度である。 		

※水位変化は、各対策案と基本ケース（三重防護未対策）との差分を表し、浦戸湾に流入する河川の中で最大値を表示

※本資料は、当該検討会以降の検討成果を踏まえた修正を含む 5

潮流・水質シミュレーション結果

		①湾口部固定式案	②孕地区固定式案	③湾口部・孕地区固定式案
潮流 シミュレーション	潮流 (cm/s)	・湾口部で下げ潮時に最大+10cm/s程度の予測であるが、大きな変化は予測されていない	・孕地区で下げ潮時に最大+12cm/s程度の予測であるが、大きな変化は予測されていない	・孕地区で下げ潮時に最大+11cm/s程度の予測であるが、大きな変化は予測されていない
	平均流 (cm/s)	・湾口部で上下層ともほとんど変化はなく最大-2cm/s程度の予測	・孕地区で上下層ともほとんど変化はなく最大+3cm/s程度の予測	・孕地区で上下層ともほとんど変化はなく最大+3cm/s程度の予測
	水温 (°C) < 26.0 > [22.1~29.8]	・上下層とも、ほとんど変化はなく0.05°C未満(0.2%)の上昇	・±0.1°C程度(0.4%)と大きな変化は予測されていない	・±0.2°C程度(0.8%)と大きな変化は予測されていない
	塩分 (psu) < 23.3 > [4.3~28.9]	・最大0.6psu程度(2.6%)の低下と大きな変化は予測されていない	・湾奥部の下層で最大3.8psu程度(16.3%)の低下が予測されている	・湾奥部の下層で最大4.3psu程度(18.5%)の低下が予測されている
水質 シミュレーション	COD (mg/ℓ) < 3.16 > [1.40~4.80]	・最大0.03mg/l程度(0.9%)増加と大きな変化は予測されていない	・最大0.08mg/l程度(2.5%)増加と大きな変化は予測されていない	・最大0.10mg/l程度(3.2%)増加と大きな変化は予測されていない
	DO (mg/ℓ) < 7.01 > [5.40~8.40]	・最大0.07mg/l程度(1.0%)低下と大きな変化は予測されていない	・最大0.01mg/l程度(0.1%)低下と大きな変化は予測されていない	・最大0.09mg/l程度(1.3%)低下と大きな変化は予測されていない
	全窒素 (mg/ℓ) < 0.51 > [0.19~0.90]	・最大0.002mg/l程度(0.4%)の増加とほとんど変化しない	・最大0.04mg/l程度(7.8%)増加と大きな変化は予測されていない	・最大0.05mg/l程度(9.8%)増加と大きな変化は予測されていない
	全リン (mg/ℓ) < 0.06 > [0.02~0.16]	・最大0.001mg/l未満(1.7%)の増加とほとんど変化しない	・最大0.001mg/l未満(1.7%)の増加とほとんど変化しない	・最大0.001mg/l未満(1.7%)の増加とほとんど変化しない
考 察		<p>・潮流、平均流、水温の大きな変化は予測されていないものの、孕地区の固定式防波堤により対策案②及び対策案③の塩分低下が顕著な予測となっている。孕地区に構造物を設置することで、河川の流入量が多い孕地区以北の水域では、淡水が停滞し、海水交換性の低下が生じやすく、湾内水域環境に与える影響は大きい。</p> <p>・生活環境の保全に関する環境基準（生活環境項目）として水質測定を実施しているCOD、DO、全窒素（TN）、全リン（TP）については、各対策案とも大きな変化は予測されておらず、湾口部或いは孕地区への固定式防波堤設置による水質への影響は軽微なものと考えられる。</p> <p>・対策案の中で影響が最も小さいと予測されるのは「対策案①湾口部固定式案」である。</p>		

表中の数値は、各対策案と基本ケース（三重防護未対策）との差分値、（ ）の数値は、< >の数値に対する差分値の割合

< >の数値は、環境基準による4地点（St. 104, 106, 111, 113）の観測値※ [平均夏季（5年平均）] を平均した値。〔 〕の数値は、最小値と最大値

※全窒素、全リンは各地点上層、他の項目は、St. 113は上層、その他の地点は上中層の観測値

※本資料は、当該検討会以降の検討成果を踏まえた修正を含む 6

生態系への影響

- 浦戸湾で漁獲されているノコギリガザミに着目し、操業区域近傍の水質観測地点でのシミュレーション予測が稚ガニに適した条件（水温、塩分）であるかを検証した。

■ ノコギリガザミ稚ガニの好適水温・塩分

（水温※1）

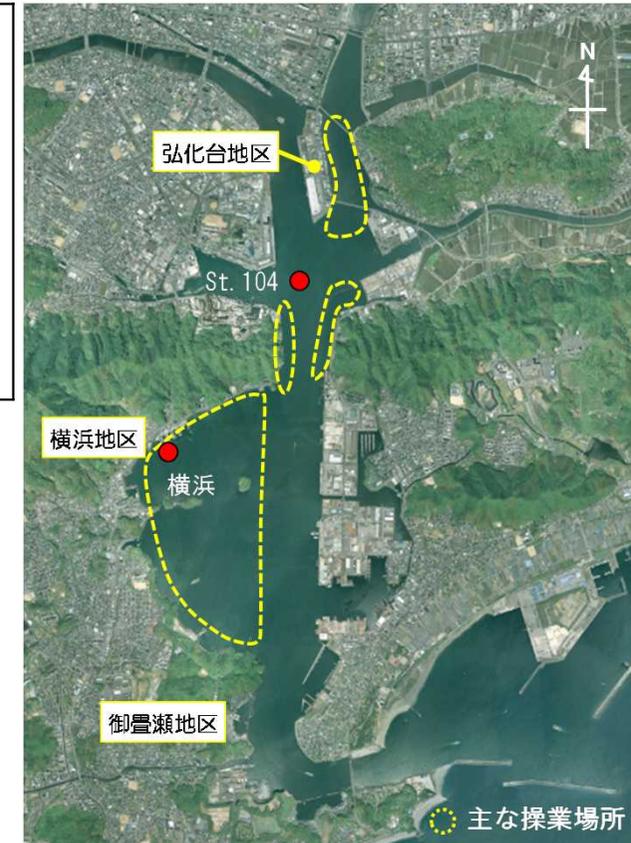
- ・ 36℃以上の水温はノコギリガザミ稚ガニの生息には不適である。
- ・ 20～30℃の水温はノコギリガザミ稚ガニの成長から見た好条件である。
- ・ 16℃以下の水温になると活動性が落ち、水温12℃で摂餌をやめる。

（塩分※2）

1ヶ月以上の期間で見た場合、塩分5psu以下と塩分30psu以上では生存および成長に悪影響が表れることから、塩分10psu～25psuを目安として放流場所（中間育成場所）を選定する必要がある。

※1 伊藤円(1997):ノコギリガザミ稚ガニの好適水温から見た放流時期について,栽培技研,26,PP.9-17

※2 伊藤円(1997):ノコギリガザミ稚ガニの好適塩分について,栽培技研,25,pp.87-94



シミュレーションによる予測（平均夏季）

ケース	単位:℃	
	St-104	横浜
対策案①	25.3	25.4
対策案②	25.4	25.4
対策案③	25.4	25.4

ケース	単位:psu	
	St-104	横浜
対策案①	28.8	29.0
対策案②	25.4	28.8
対策案③	24.9	28.4



- ・ 水温については、各対策案とも25℃程度の予測となっており、稚ガニの生息環境の範囲内と考えられる。
- ・ 塩分については、浦戸湾中央～湾奥部では25～30psu程度の予測となっており、各対策案ともノコギリガザミ稚ガニの生息環境の範囲内と考えられる。
- ・ ただし、浦戸湾内ではノコギリガザミのほかにも魚介類などの漁業活動や動植物が生息しており、整備の実施にあたっては、潮流、水質の定期的な観測、予測シミュレーション結果のモニタリングを行っていく必要がある。

航行船舶への影響ヒアリング結果（主なご意見）

□湾口部の固定式防波堤

- ・総トン数100トン以上の船舶に対し航行管制を行っており、管制を受ける船舶は問題ない。
- ・外国船、大型船など水先要請によりパイロット（水先案内人）が付く場合は航行に問題はない。
- ・大型船などデッキが高い船舶であれば、見通しの問題はない。
- ・管制を受けない小型船舶などは影響があるかもしれない。管制を受けない船舶同士の見通しや出港時における航路口付近の情報（見え方）に影響があるかも知れない。
- ・防波堤が直線的に並んだ配置では制約となりプレッシャーになる。配置の工夫が必要ではないか。
- ・夜間における防波堤の存在を知らしめるための対策（灯火）が必要である。ただし、航路標識、灯台と見間違ふことがないように光力など配慮が必要。

□孕地区の固定式防波堤

- ・パイロットが付く場合は問題はないが、孕地区はタナスカ石油基地からの油槽船や西孕地区からの石炭船など四方から航行が輻輳することに加え、航行管制を行っていない海域。
- ・航路外は急に浅くなっており、過去にノーパイロットで航行していた外国船や漁船が航路外で乗り上げたこともあり（ヒアリングによる聞き取り）、夜間における影響が特に懸念される。
- ・防波堤が直線的に並んだ配置では制約となりプレッシャーになる。
- ・夜間における防波堤の存在を知らしめるための対策（灯火）が必要である。ただし、航路標識、灯台と見間違ふことがないように光力など配慮が必要。
- ・河川からの影響かも知れないが、仁井田地区の泊地を定期的に維持浚渫を行っている。孕地区の防波堤設置により、北側の泊地も埋まってしまう恐れがあるのではないか。

□その他

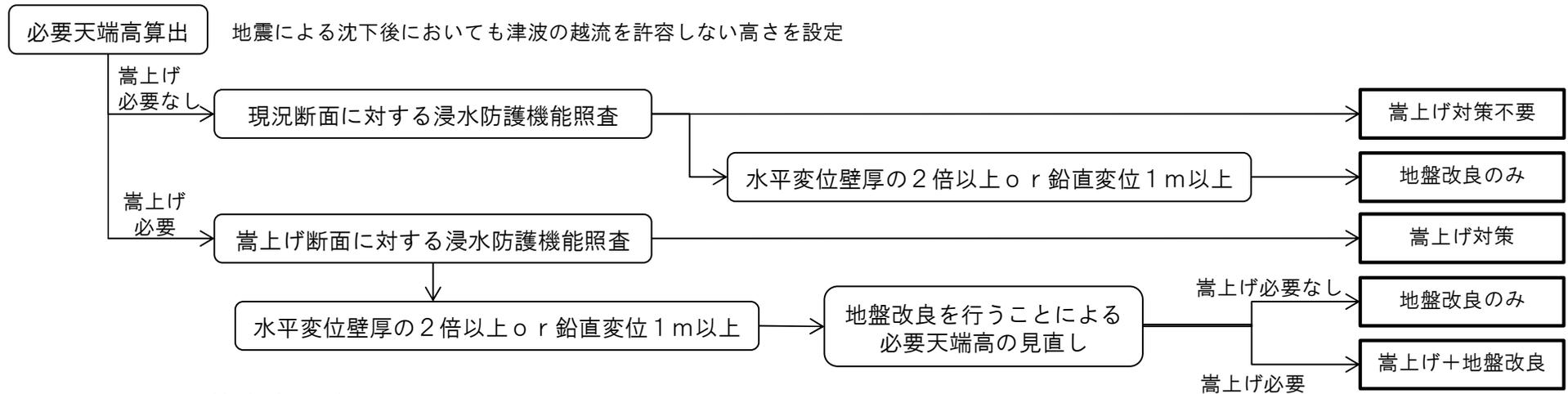
- ・防波堤の設置については、工事中の航行安全対策を含め配置、夜間における灯り対策など検討をお願いしたい。

- ・孕地区は船舶が輻輳することに加え、航路管制がなく航行船舶への影響（特に夜間）が大きい。
 - ・湾口部は航行管制により、管制を受ける航行船舶への影響はないものの、管制を受けない船舶同士の見通しなどに影響する可能性がある。
- ⇒ 対策案①湾口部固定式案が最も影響が少ないが、防波堤の整備に当たっては、事前に見通しも含めた配置、夜間における対策などについて検討が必要。

対策断面の検討

- 対策断面の検討については、以下の考え方をもとに各施設毎の対策断面を検討。
 - ・ 東南海・南海地震（2連動、M8.6）津波断層モデルを対象とした津波シミュレーションによる津波水位（L1津波の水位）を算出（必要天端高を算出）
 - ・ 対策断面の壁厚については、津波外力に対するせん断破壊、曲げ破壊の安定性照査より壁厚1.0mを基本として検討。
 - ・ 地震による護岸等の水平変位が壁厚の2倍以上になると目地開きにより浸水防護機能が発揮されない恐れがあるため、地盤改良等の対策を講じることとした。
 - ・ また、鉛直変位に対しては、地震被災事例に基づく被災変形量等の文献*を参考に、鉛直変位1.0m以上の場合に地盤改良などの対策を講じることとした。
- なお、対策断面については、既往の土質調査を基に検討した概略断面であり、整備にあたっては、更に土質調査を実施のうえ、耐震照査を行うとともに、隣接する海岸施設や河川護岸における対策の考え方も踏まえ、詳細な対策断面を検討していく。

対策断面の検討手順フロー



対策内容一覧

	対策案①	対策案②	対策案③	備考
嵩上げ対策延長	約24.6km	約21.7km	約18.7km	仁井田地区、長浜地区への水門設置
地盤改良延長	約9.9km	約9.9km	約9.9km	
湾口部固定式防波堤（約230m）	○		○	航路幅170m開口
孕地区固定式防波堤（約260m）		○	○	航路幅160m開口

嵩上げ対策等の延長、固定式防波堤の延長については、詳細な断面検討等により変更する場合がある。

対策断面の検討（粘り強い構造化への改良）

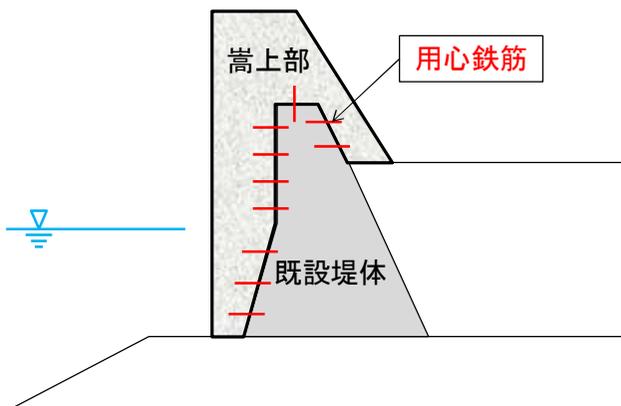
- H25年11月公表された「港湾における防潮堤（胸壁）の耐津波設計ガイドライン」（以下、「耐津波ガイドライン」という）のほか、東日本大震災の被災地における検討、施工事例も踏まえ、既存護岸等の粘り強い構造化への改良を検討。
- 東北地方における施設復旧において、主に津波の押し波・引き波による施設背後の洗掘・浸食対策、津波波力に対する堤体補強などが検討、施工されている。（参考資料）
- 高知港における既存護岸等の粘り強い構造化についても、津波による押し波、引き波に対する洗掘・吸出し対策、津波波圧に対する堤体補強を基本的な対策と考えた。

粘り強い構造化については、今後の研究、新たな知見に注視しつつ、津波の規模に応じた構造上の弱点などについて十分に検討を行い、背後の立地、利用状況などの現場条件を踏まえた断面諸元を詳細に検討する。

粘り強い構造の工夫例（イメージ図）

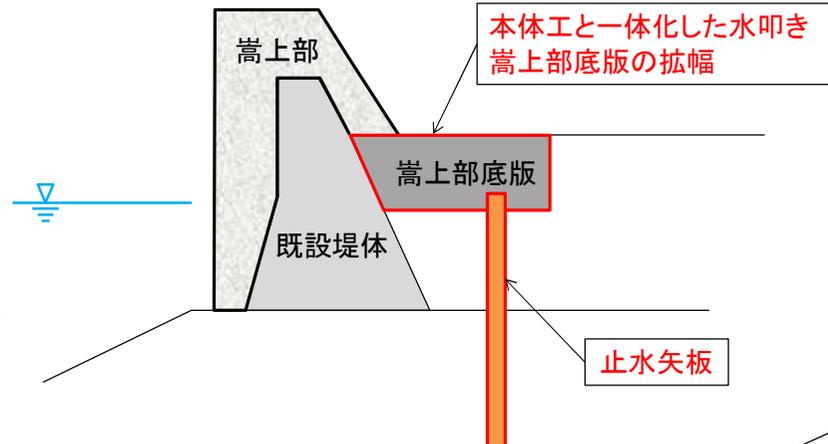
用心鉄筋の設置

【堤体上部の欠損リスク低減】



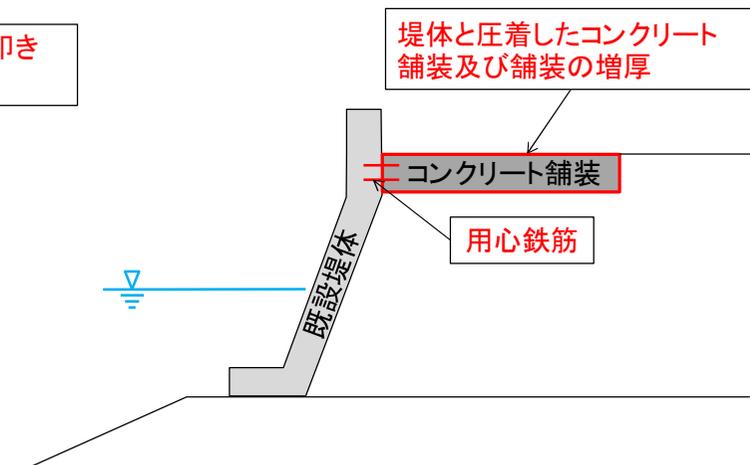
本体一体の水叩き、躯体底版拡幅 止水矢板の設置

【背後地盤の洗掘に伴う転倒リスク低減】
【堤体背後の基礎地盤の流出抑制】



堤体に密着させたコンクリート舗装 コンクリート舗装の増厚

【背後地盤の洗掘に伴う転倒リスク低減】

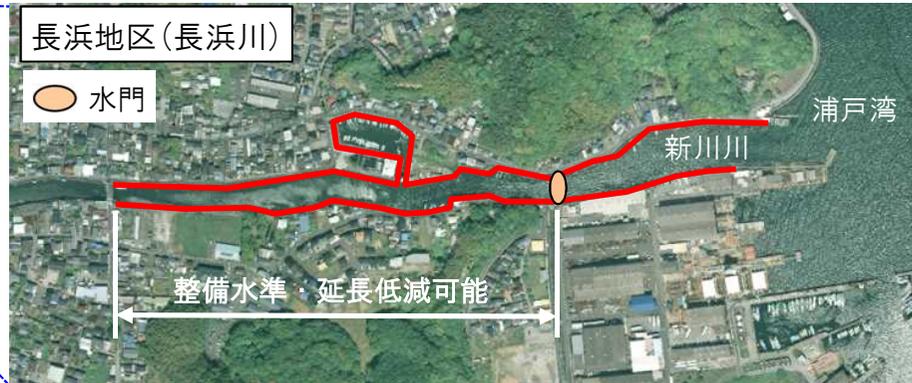


水門設置にかかる検討（コスト縮減方策）

- ▶ 水門を設置した場合、水門内側の河川や水路などの護岸における整備水準や整備延長を低減できる区域として、長浜地区（新川川（通称：長浜川））および仁井田地区への水門設置を検討した。
- ▶ 水門整備により内側護岸等の整備水準・延長を減らし、効率的・経済的な整備となることから、各箇所への水門設置を前提に地震津波対策を行っていくものとする。
- ▶ なお、水門整備にあたっては、自動化・遠隔化を取り入れることを前提とし、河川管理者との協議、水門内側の利用状況等を踏まえ、設置位置や構造形式等について詳細に検討していく。



地図：国土地理院



水門整備による整備水準等の低減効果

【仁井田地区】

- ・ 嵩上げ対策延長を約 4km低減
- ・ コスト 約35%低減※1

【長浜地区】

- ・ 地盤改良延長約 1kmの低減
- ・ 嵩上げ高さの大幅な低減※2
- ・ コスト 約30%低減※1

※1：左図の赤線の護岸等を対象に、水門整備無し、水門整備有りでのコストを比較

※2：地震による沈下後においても、朔望平均満潮位（H. W. L.）を下回らない高さに嵩上げが必要

検討結果まとめ

		①湾口部固定式案	②孕地区固定式案	③湾口部・孕地区固定式案	
L 1 津波 浸水面積* 【堤内地のみ】		0ha (1, 600ha減)	0ha (1, 600ha減)	0ha (1, 600ha減)	
L 2 津波 浸水面積* 【堤内地のみ】		2, 500ha (800ha減)	2, 500ha (800ha減)	2, 200ha (1, 100ha減)	
河川環境 への影響	越流の有無	無し	無し	無し	
	水位変化	1/50降雨	最大9cm程度	最大30cm程度	最大40cm程度
		高潮	最大4cm程度	最大10cm程度	最大15cm程度
湾内環境 への影響	潮流の変化 (潮流、平均流、 水温、塩分)	変化の最も大きい塩分濃度で、 平均値の最大2. 6%程度と影響は 小さい	対策案①に比べ塩分濃度の変化が 平均値の最大16. 3%程度と大きい	対策案①に比べ塩分濃度の変化が 平均値の最大18. 5%程度と大きい	
	水質の変化 (COD、DO、TN、TP)	平均値の最大1. 7%程度の変化と 大きな変化は予測されていない	平均値の最大7. 8%程度の変化と 大きな変化は予測されていない	平均値の最大9. 8%程度の変化と 大きな変化は予測されていない	
生態系への影響 (ノギリガザミ類の例)		塩分が、最大で0. 6psu程度低下 するが、生息環境の範囲内である	塩分が、湾奥部で最大3. 8psu程度低 下するが、生息環境の範囲内である	塩分が、湾奥部で最大4. 3psu程度低 下するが、生息環境の範囲内である	
航行船舶への影響		・ 航路管制を受ける船舶への影響 はないものの、小型船舶に対す る見通しなどについて防波堤の 配置等の検討が必要	・ 孕地区に固定式防波堤を設置すること で、見通しが悪くなり 出入港船舶の安全な航行に影響を 及ぼす可能性がある		
概算費用 (対策案①との差額)		1. 0	1. 0** (+5億円程度)	1. 0** (+10億円程度)	

※H26年5月20日第2回高知港における地震津波防護の対策検討会議にて提示

※※対策案①を基準(1.0)とした比率

※本資料は、当該検討会以降の検討成果を踏まえた修正を含む

**対策案①「湾口部固定式案」が、
最も河川環境、湾内環境、航行船舶への影響が小さく、経済的な対策である。**