

# 1. 業務概要

委託業務名	浦戸湾流入河川堤防整備計画検討委託業務
業務番号	連携 第51-7号
発注者	高知県土木部 河川課
履行期間	令和6年10月29日 ~ 令和7年3月17日
契約金額	10,813,000円(税込み)
受注者	企業名
	管理技術者
	照査技術者
	担当技術者
背景	高知県では今後発生が想定される南海トラフ地震に備え、高知市街地の被害を最小化するため浦戸湾の地震・津波対策を進めている。河川堤防については、堤防耐震照査結果をもとに、液状化および長期浸水に対する対策を先行して実施しており、特に緊急性・重要性の高い一連区において対策が進められている。また、港湾海岸堤防については浦戸湾の三重防護対策として発生頻度の高い津波(以下L1津波という)による浸水を防止するための対策が進められており、今後、河川堤防についても、L1津波の侵入防止を実施していく必要がある。
目的	本検討業務は、過年度の設計成果および工事実施区間に加え、L1津波に対応するため、新たに整備の対象となる区間も含め、河川堤防のL1津波に対する整備方針を検討し、今後、事業を進めていくためのロードマップを作成した。なお、整備方針の検討にあたっては、長期浸水対策として工事が実施されてきた区間について、耐震対策及び耐震照査結果について整理し、今後、L1津波による浸水を防止するために追加対策が必要となる区間を明らかにするとともに、必要となる解析、設計および工事に関わる概要費用を算定した。

## ■対象河川



業務内容一覧表				
工種	規格・条件	単位	数量	
設計業務				
設計協議				
打合せ協議				
打合せ	計5回(中間打合せ:3回)	式	1	
堤防耐震整備計画				
設計計画		式	1	
資料収集・整理		式	1	
レベル2地震動後の堤防高の整理		式	1	
解析精度向上の検討		式	1	
L1津波に対する浸水対策事業計画の検討		式	1	
概算費用の算定		式	1	
報告書作成		式	1	

No.	河川名	想定対象区間
1	鏡川	0k-3k600
2	神田川	0k-0k600
3	吉野川	0k-0k600
4	国分川	0k-5k200
5	舟入川	0k-3k600
6	久万川	0k-3k800
7	紅水川	0k-2k000
8	名切川	0k-0k400
9	金谷川	0k-0k400
10	東谷川	0k-0k400
11	薊野川	0k-0k400
12	大谷川	0k-1k000
13	久安川	0k-0k800
14	下田川	0k-3k300
15	介良川	0k-2k300



## 2. 資料收集整理

### ◆変状要因

鏡川沿いの土質分布をみると、地下水位以下5~10m程度の液状化層が分布している。その中で、「砂」層が厚い区間で、液状化による沈下量が大きいことがわかった。

- 凡例
- 赤字：検討断面：解析実施（ALID）
  - 橙字：検討断面：解析実施（ALID）※既往対策工があるが、解析は無対策時
  - 青字：検討断面：解析実施（FLIP）
  - ：L1津波に対して要対策
  - ⇔：L1津波に対して対策不要

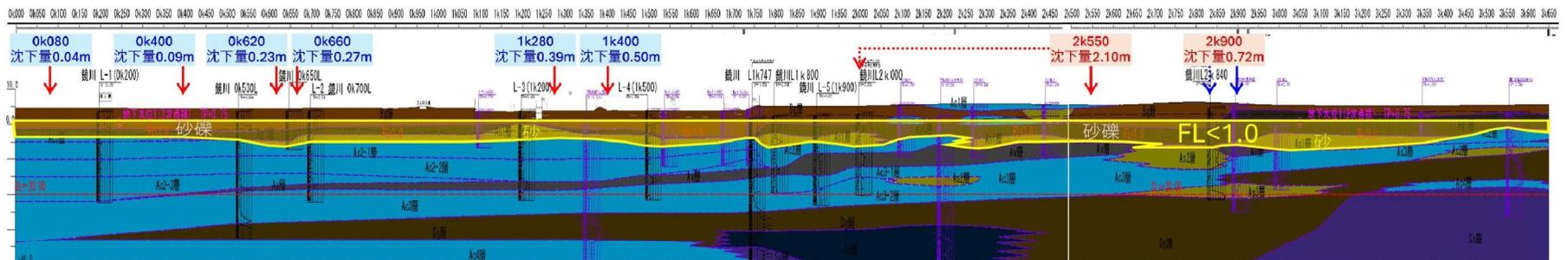
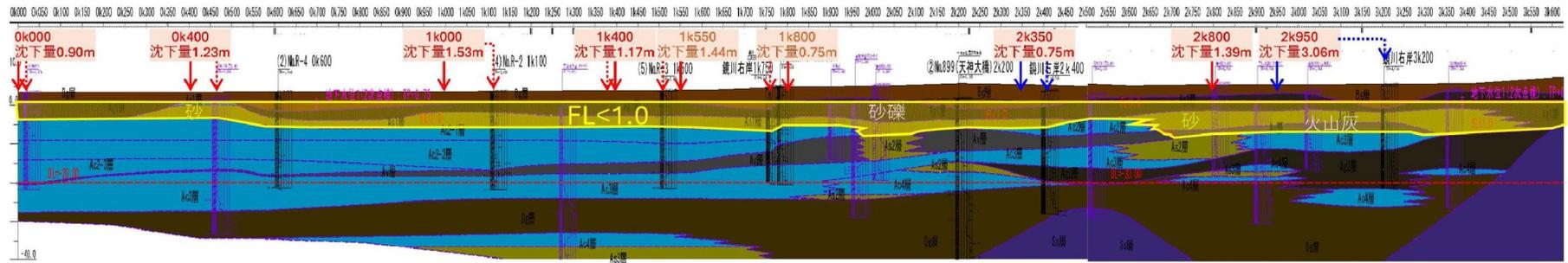


図 2-1 変状要因の整理（鏡川）



2. 資料収集整理

表 2-2 追加で液状化対策を要する可能性のある区間（鏡川）

左右岸	距離標	代表断面	既設対策工	諸元	照査基準	解析手法	対策工考慮の有無	加速度算出方法	地盤面加速度 (gal)	加速度算出方法	地盤面加速度 (gal)	検討時堤防パラベット (T.P.+m)	残留沈下量 (m)	堤高75%沈下量 (m)	広域地盤沈下量 (m)	地震後パラベット高 (T.P.+m)	L1津波高 (T.P.+m)	余裕高	L1津波高に対する照査	広域地盤沈下量 (m)	地震後パラベット高 (T.P.+m)	朔望平均満潮位 (T.P.+m)	余裕高	朔望平均満潮位に対する照査	報告書	報告書年月	報告書会社	
																												SHAKE
左岸	0/040~0/080	0/080	二重鋼矢板(自立式)	II w SYW390 (295) L=12.5m	H24.2	FL1P	対策工①					4.18	0.04		1.95	2.19	2.89	-0.70	NG	1.95	2.19	0.75	1.44	OK	地震高潮第10-16号	H28.2	日本工営	
	0/080~0/520	0/400	二重鋼矢板(自立式)	IV w (II w) SYW295 (390) L=14.0 (12.0)m	H24.2	FL1P	対策工②					4.32	0.09		1.95	2.28	2.65	-0.37	NG	1.95	2.28	0.75	1.62	OK	地震高潮第10-1号	H26.10	日本工営	
	0/520~0/620	0/620	二重鋼矢板(自立式)	III w SYW390 (295) L=15.5m	H24.2	FL1P						4.43	0.22		1.95	2.26	2.59	-0.33	NG	1.95	2.26	0.75	1.73	OK	地震高潮第3-27号	H25.10	オリコン	
	鏡川大橋																											
	0/620~0/660	0/620	二重鋼矢板(自立式)	IV (III) SYW295 (390) L=16.0 (14.5)m	H24.2	FL1P						4.43	0.23		1.95	2.25	2.59	-0.34	NG	1.95	2.25	0.75	1.73	OK	地震高潮第3-27号	H25.10	オリコン	
	0/660~0/680	0/660	二重鋼矢板(自立式)	III w SYW390 (295) L=15.0m	H24.2	FL1P						4.38	0.27		1.95	2.16	2.59	-0.43	NG	1.95	2.16	0.75	1.68	OK	地震高潮第3-27号	H25.10	オリコン	
	0/680~0/820		二重鋼矢板(自立式)	10H SYW295 L=13.5m			FL1P						0.20													H24.2	オリコン	
	0/820~1/000		二重鋼矢板(自立式)	II w SYW295 L=13.5m			FL1P					3.51	0.30			3.21										H24.9	国際航業	
	1/000~1/220		二重鋼矢板(自立式)	II w SYW390 L=14.0m									0.30													H24.9	国際航業	
	九反田橋																											
	1/220~1/340	1/280	二重鋼矢板(自立式)	II w SYW390 L=13.5m	H19.3	FL1P	対策工①					4.64	0.39		1.95	2.30	2.49	-0.19	NG	1.95	2.30	0.75	1.94	OK	高知高潮第3-12号	H25.1	四国建設	
	滝崎場橋																											
	1/340~1/750	1/400	二重鋼矢板(自立式)	II w SYW295 L=15.5m	H19.3	FL1P	対策工①					4.69	0.50		1.95	2.24	2.46	-0.22	NG	1.95	2.24	0.75	1.99	OK	高知高潮第3-12号	H25.1	四国建設	
	潮江橋																											
	1/750~2/100	(1/950)	耐震対策なし	—	—			※2/550の結果を使用				5.18	2.10	3.56	1.95	1.13	2.34	-1.21	NG	1.95	1.13	0.75	0.38	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
2/100~2/500	(2/400)	耐震対策なし	—	—			※2/550の結果を使用				5.79	2.10	3.90			2.30				1.95	1.74	0.75	0.99	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
2/500~2/600	2/550	耐震対策なし	—	—	H28.3	AL1D	—	SHAKE	370	指針2-1	530	5.73	2.10	3.91	1.95	1.68	2.24	-0.56	NG	1.95	1.68	0.75	0.93	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
2/600~2/900	2/900	耐震対策なし	—	—	H28.3	AL1D	—	SHAKE	370	指針2-1	530	5.92	0.72	4.95	1.95	3.25	2.22	1.03	OK	1.95	3.25	0.75	2.50	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
柳原橋																												
2/900~3/600	(2/950)	耐震対策なし	—	—			—				5.93	0.72	4.07	1.95	3.26	2.22	1.04	OK	1.95	3.26	0.75	2.51	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ		
0/000~0/200	0/000	鋼矢板	鋼矢板	II w L=7.5m	H28.3	AL1D	鋼矢板考慮	SHAKE	482	指針2-1	470	4.07	0.90	1.95	1.22	2.90	-1.68	NG	1.95	1.22	0.75	0.47	OK	地震高潮第2-3号	H31.3	構管技術		
0/200~0/580	0/400	鋼矢板	鋼矢板	II w L=8.0m	H28.3	AL1D	鋼矢板考慮	SHAKE	481	指針2-1	470	4.31	1.23	1.95	1.13	2.65	-1.52	NG	1.95	1.13	0.75	0.38	OK	地震高潮第2-3号	H31.3	構管技術		
鏡川大橋																												
0/580~1/200	1/000	鋼矢板	鋼矢板	VII L=12.0m	H28.3	AL1D	鋼矢板考慮	SHAKE	491	指針2-1	470	4.30	1.53	1.95	0.82	2.60	-1.78	NG	1.95	0.82	0.75	0.07	OK	地震高潮第2-3号	H31.3	構管技術		
九反田橋																												
1/200~	1/400	鋼矢板	鋼矢板	VII L=12.0m	H28.3	AL1D	鋼矢板考慮	SHAKE	486	指針2-1	470	4.53	1.17	1.95	1.41	2.46	-1.05	NG	1.95	1.41	0.75	0.66	OK	地震高潮第2-3号	H31.3	構管技術		
滝崎場橋																												
~1/500	1/400	鋼矢板	鋼矢板	VII L=12.0m	H28.3	AL1D	鋼矢板考慮	SHAKE	486	指針2-1	470	4.53	1.17	1.95	1.41	2.46	-1.05	NG	1.95	1.41	0.75	0.66	OK	地震高潮第2-3号	H31.3	構管技術		
1/500~1/650	1/550	鋼矢板	鋼矢板	II w SYW295 L=11.5m	H28.3	AL1D	—	SHAKE	395	指針2-1	470	4.78	1.44	2.78	1.95	1.39	2.39	-1.00	NG	1.95	1.39	0.75	0.64	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
1/650~2/000	1/800	鋼矢板	鋼矢板	II w SYW295 L=11.5m	H28.3	AL1D	—	SHAKE	395	指針2-1	470	4.80	1.62	3.05	1.95	1.23	2.37	-1.14	NG	1.95	1.23	0.75	0.48	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
2/000~2/439	2/350	耐震対策なし	—	—	H28.3	AL1D	—	SHAKE	370	指針2-1	530	5.55	0.75	2.95	1.95	2.85	2.30	0.55	OK	1.95	2.85	0.75	2.10	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
小石木川																												
2/439~2/900	2/800	鋼矢板	鋼矢板	II w SYW295 L=12.5m	H28.3	AL1D	—	SHAKE	397	指針2-1	530	5.92	1.39	1.95	2.58	2.20	0.38	OK	1.95	2.58	0.75	1.83	OK	地震高潮第2-3号	H31.3	構管技術		
柳原橋																												
2/900~3/150	2/950	鋼矢板	鋼矢板	II w SYW295 L=11.0m	H28.3	AL1D	—	SHAKE	370	指針2-1	470	6.19	1.39	4.14	1.95	2.85	2.22	0.63	OK	1.95	2.85	0.75	2.10	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	
神田川																												
3/150~3/600	(3/600)	耐震対策なし	—	—			—				6.94	0.72	3.74	1.95	4.27					1.95	4.27	0.75	3.52	OK	地震高潮第2-4号	H29.10	日本コソ	

※パラベット高で整理しているため、朔望平均満潮位との比較は参考。



### 3. 照査外水位変更に伴うレベル2地震動後の堤防高の整理

#### ■特記仕様書

過年度実施された堤防耐震点検（性能照査）業務（国分川外 14 河川）では照査外水位 1（朔望平均満潮位.TP+0.75m）に対する照査が行われていた。本検討では、照査外水位 2（L1 津波遡上高）に対して堤防高が不足する区間について明らかにするため整理を行う。照査外水位 2 に対しては、パラペット高さを考慮するものとして、必要な堤防高さおよび現況のパラペット高を整理し、箇所ごとの必要な嵩上げ高さを算定した。なお、整理するケースとしては、過年度に実施した堤防点検業務をもとに、以下とした。

- ・ case 1：堤防高が照査外水位 1 以上であった対策不要区間  
液状化による沈下および広域地盤沈下を考慮した現況堤防高と照査外水位 2 との関係を整理した。
- ・ case 2：堤防高が照査外水位 1 以下で対策設計を実施した区間  
過年度成果の 3 次点検結果を踏まえて対策設計が実施された区間について、照査外水位 2 との関係を整理した。
- ・ case 3：堤防高が照査外水位 1 以下で対策設計を実施し、工事を実施した区間  
case 2 のうち、工事実施済区間について整理し、照査外水位 2 との関係を整理した。

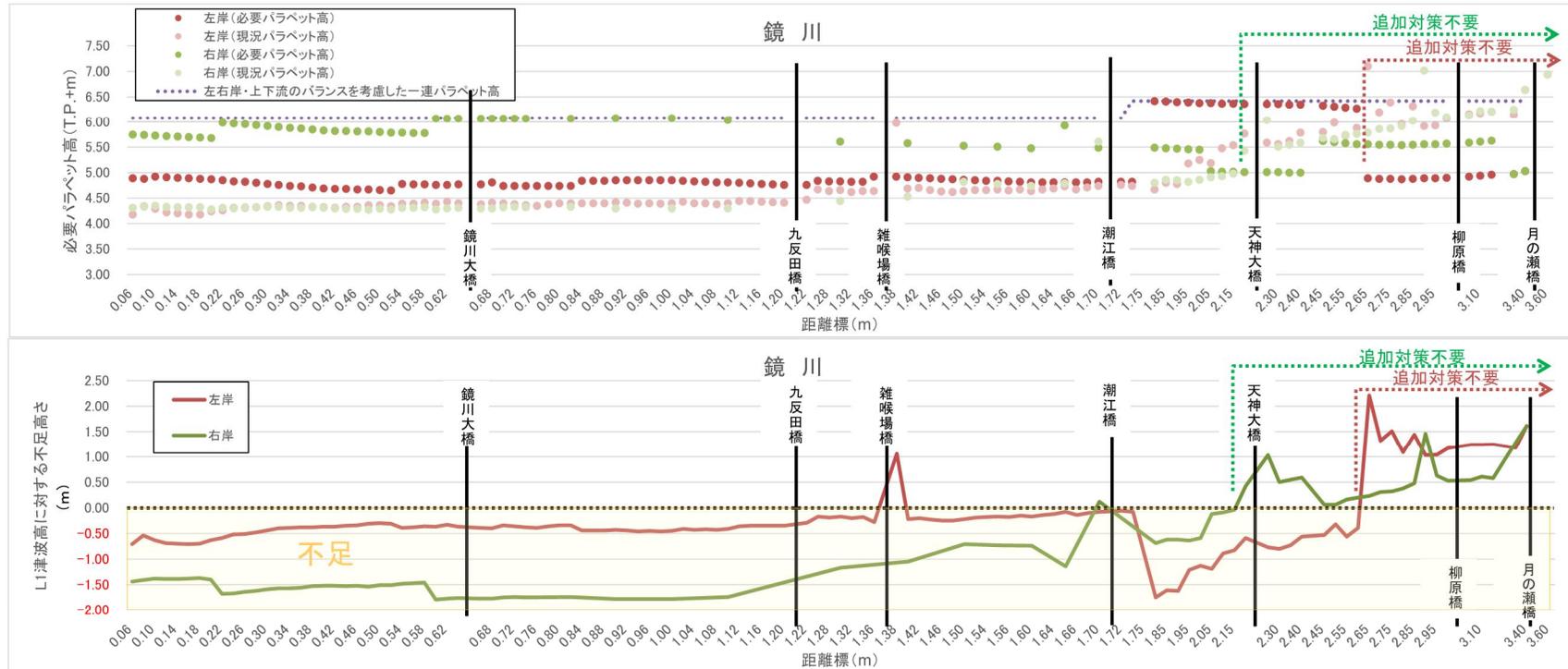


図 2-4 レベル2地震動後の堤防高の整理（鏡川）



### 3. 照査外水位変更に伴うレベル2地震動後の堤防高の整理

橋梁部においては、沈下後の堤防高がL1津波高より低くなると、陸閘等の対策が必要となる。

ここで、図3-1に示すように、堤防は液状化による沈下をするが、橋は沈下しないと仮定し、本来は、橋の高さを-1.95mしなければならないが、地盤標高を地形図等からすぐに比較できるように、津波高を+1.95m高くして比較した。

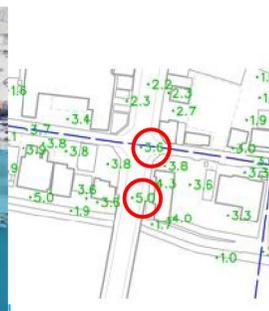
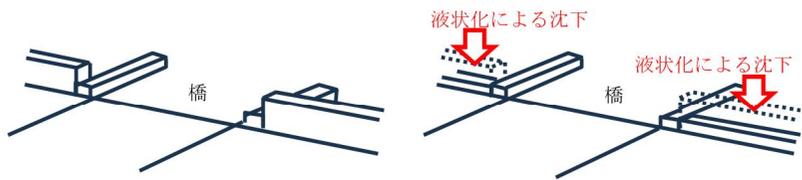


図3-1 本検討における橋梁部の沈下の考え方(橋は沈下しないと仮定)

陸閘を設置する場合は、以下の方式等を参考とする。

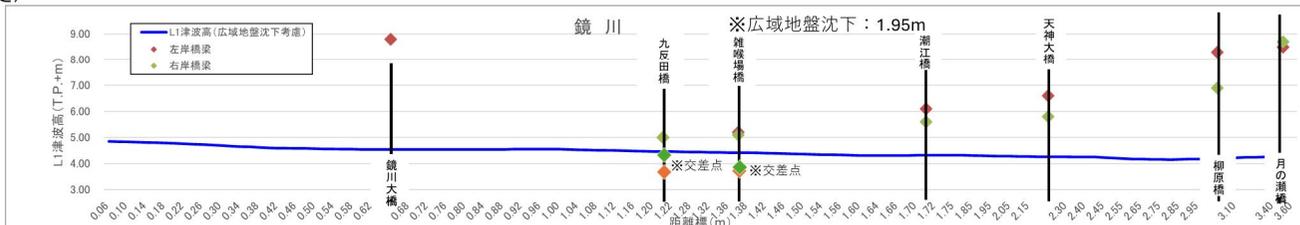
#### ◆引戸式



#### ◆起伏ゲート式



#### ◆開閉式



橋梁は、広域地盤沈下は考慮するが、液状化による沈下は生じないものとする。  
基本的には、陸閘との対策は不要と考えられる。

- ・鏡川大橋：L1津波高より高い
- ・九反田橋：L1津波高より高い(堤防との接続は詳細検討)
- ・雑喉場橋：L1津波高より高い(堤防との接続は詳細検討)
- ・湖江橋より上流：L1津波高より高い

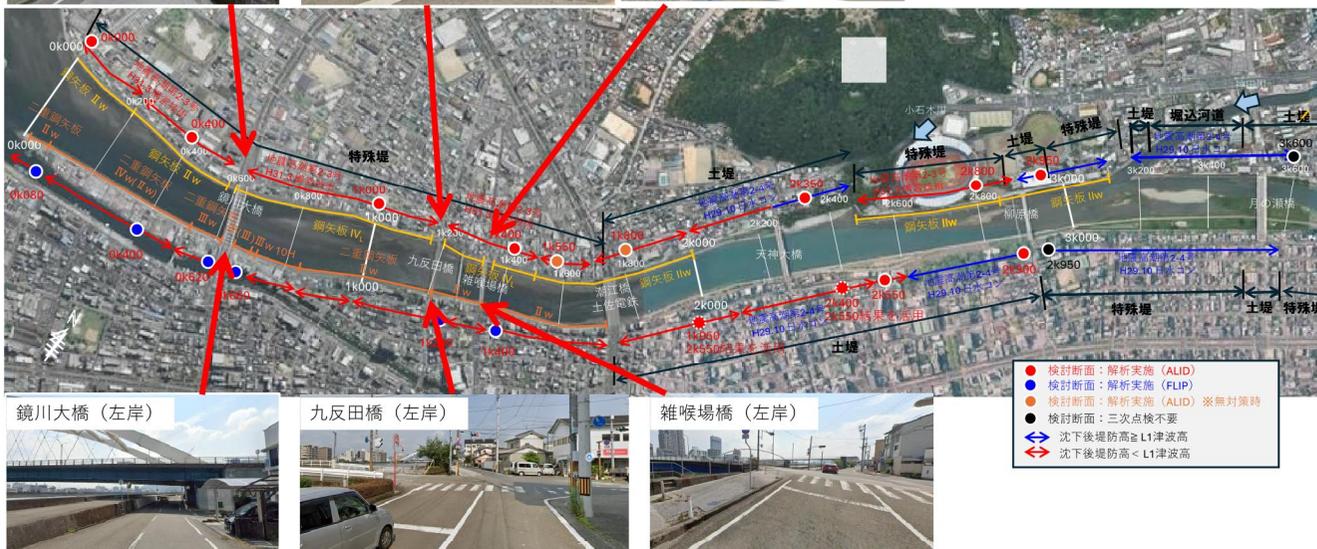


図3-2 橋梁部におけるL1津波高との関係(鏡川)

#### 4. 堤防耐震性能照査における解析精度向上の可能性検討

##### 1) 設計水平震度

- ・レベル1地震動：点検マニュアル H28.3 に記載されている標準値
- ・レベル2地震動：点検マニュアル H28.3 に記載されている標準値と中央防災会議南海・東南海2連動モデルを比較し、安全側となる方を使用する。

東谷川を除く対象河川では、過年度成果においてレベル2地震動の比較が実施されているため、過年度成果の採用値を踏襲する。

(東谷川は既往成果において、一次点検で耐震性能を満足すると判定されていたため、設計水平震度が設定されていない。)

##### 2) 照査外水位高さ

国分川外14河川が流入する浦戸湾における津波遡上検討は、「浦戸湾内流入河川津波遡上解析委託業務令和2年8月いであ株式会社」により実施されている。上記業務では、水門処理方法の違いにより、表4-1に示すように、4ケースの津波遡上解析が実施されているが、本業務では、以下に示す「解析ケース1(既存施設考慮)」により検討を実施した(図4-1)。

表 4-1 津波遡上解析ケース

ケース	対象津波	整備レベル	地震動(液状化)による 堤防の沈下	津波越流後の 堤防破堤	備考	
1		防波堤、防潮堤 浦戸湾内部護岸等	対策後	壁立て	なし	・江ノ口川、本江田川、鹿児川、井流田川、下田川は既存施設による水門処理とする。 ・橋梁部嵩上げ無し
		河川堤防				
2-1	設計津波	防波堤、防潮堤 浦戸湾内部護岸等	対策後	壁立て	なし	・江ノ口川、本江田川、鹿児川、井流田川、下田川に加えて、ケース1の津波高が沈下後堤防高を上回る支川のうち、1径間で水門が設置可能な小河川を水門処理する。 ・橋梁部嵩上げ無し
		河川堤防				
2-2		防波堤、防潮堤 浦戸湾内部護岸等 河川堤防	対策後	壁立て	なし	・ケース2-1を基本に、久万川の国分川合流点に水門を設ける。(久万川支川での水門が不要となる。) ・橋梁部嵩上げ無し
2-3		防波堤、防潮堤 浦戸湾内部護岸等 河川堤防	対策後	壁立て	なし	・ケース1を基本に、紅水川および介良川(潮止堰位置)を水門処理する。 ・橋梁部嵩上げ無し



図 4-1 ケース 1 における水門処理箇所

#### 4. 堤防耐震性能照査における解析精度向上の可能性検討

##### 3) 広域地盤沈下の検討

表 4-2 にレベル 1 津波、レベル 2 津波の定義を示す。

表 4-2 レベル 1 津波・レベル 2 津波の定義

津波のレベル	定義
L1 津波 (発生頻度の高い津波)	最大クラスに比べ発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波 (数十年～百数十年の頻度)
L2 津波 (最大クラスの津波)	発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波

南海地震による広域の地盤変動に対して、H15年に中央防災会議が公表した「東南海・南海地震モデル」においては、表 4-3 に示す通り、高知市浦戸湾付近で 1.95m の沈降が想定されている。

その後、2011 年東日本大震災を踏まえ、内閣府は震源域等の見直しを行い、改めて「南海トラフ巨大地震モデル」を作成し、併せて地殻変動量と津波のモデルを公表した。

表 4-3 に示す通り、広域地盤沈下に関する検討が複数されているが、堤防整備対象の津波は L1 津波に対する検討であるため、広域地盤沈下量は、そのもととなる地震動条件を用いた 1.95m の値を採用する方針とする。

なお、中央防災会議（東南海・南海地震等に関する専門委員会：2003）の広域地盤沈降のデータを下記 G 空間センター（G 空間情報センター）より入手し、コンターを記載すると図 4-3 のようになる。これによると、久万川上流で約 8cm 下回るが、浦戸湾における従来からの検討との整合性等を考慮し、本検討における広域地盤沈下量は 1.95m とする。

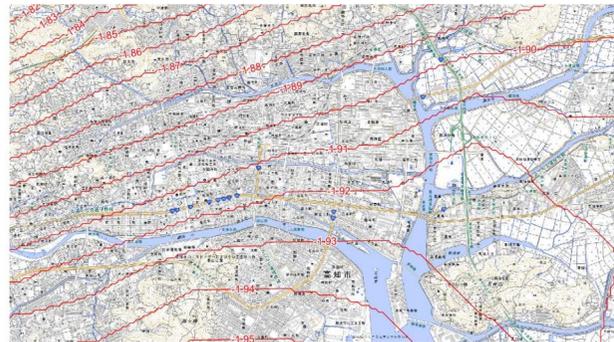


図 4-3 広域地盤沈下量コンター図 (L1 津波)

表 4-3 広域地盤沈下に関する情報一覧

出典	南海地震長期浸水対策検討結果 県河調第 19-10 号 浦戸湾内流入河川津波遡上 解析委託業務	【高知県版】南海トラフ巨大地震による被害想定について 資料 3：被害想定計算結果（図面集）	高知港における地震・津波防護対策の最終とり まとめ	海調第 01-3-1 号 止水・排水対策検証委託業務
発行者	高知県	高知県	高知県 四国地整	高知県 応用地質㈱
広域地盤沈下量	約 1.95m	約 1.7m	約 1.5m	1.31～1.67m
津波条件	L1 津波	L2 津波	L2 津波	L2 津波
地震動条件 (津波断層モデル)	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（東南海・南海地震等に関する 専門委員会：2003）が公表した津波断層モデル	南海トラフ巨大地震津波断層モデル case03 紀伊半島沖～四国沖に大すべり域を設定 内閣府（南海トラフの巨大地震検討会：平成 24 年 8 月 29 日）が公表した津波断層モデル	南海トラフ巨大地震津波断層モデル 内閣府（南海トラフの巨大地震検討会：平成 24 年 8 月 29 日）が公表した津波断層モデル	南海トラフ巨大地震津波断層モデル Case3,4,5,9,10,11 の重ね合わせ 内閣府（南海トラフの巨大地震検討会：平成 24 年 8 月 29 日）が公表した津波断層モデル
参考図				

**津波対策を講じるために想定すべき津波レベルと対策の基本的な考え方**

今後の津波対策を構築するにあたっては、基本的に二つのレベルの津波を想定する必要がある。

**最大クラスの津波(L2津波)**

- 津波レベル  
発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波
- 基本的考え方  
⇒ 住民等の生命を守ることを最優先とし、住民の避難を軸にソフト・ハードのどちらの手段を尽くした総合的な対策を確立していく。  
⇒ 被害の最小化を主眼とする「減災」の考え方に基づき、対策を講ずることが重要である。そのため、海岸保全施設等のハード対策によって津波による被害をできるだけ軽減するとともに、それを超える津波に対しては、ハザードマップの整備や避難路の確保など、避難することを中心とするソフト対策を実施していく。

➡ ソフト対策を講じるため基礎資料の「津波浸水想定」を作成

**比較的発生頻度の高い津波(L1津波)**

- 津波レベル  
最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波(数十年から百数十年の頻度)
- 基本的考え方  
⇒ 人命・住民財産の保護、地域経済の確保の観点から、海岸保全施設等を整備  
⇒ 海岸保全施設等については、比較的発生頻度の高い津波高に対して整備を進めるとともに、設計対象の津波高を超えた場合でも、施設の効果が続く程度でできるような構造物への改良も検討していく。

➡ 堤防整備等の目安となる「設計津波の水位」を設定

図 4-2 津波対策を講じるために想定すべき津波レベルと対策の基本的な考え方  
出典：参考資料 津波浸水想定について（解説）

#### 4. 堤防耐震性能照査における解析精度向上の可能性検討

変形解析のうち、有限要素法によるものには静的解析と動的解析があり、河川では静的解析である ALID を用いることが主流である。

既往報告書での ALID による河川の耐震検討においては、安全側に変形量が出る傾向があり、対策工などの事業規模が大きくなる可能性がある。対象河川においても、図 4-4 に示すように、変形が大きく、対策効果が発現していないように見える。

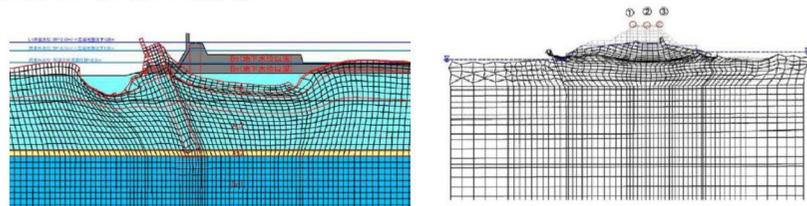


図 4-4 下田川における静的解析事例（左：二重鋼矢板、右：川表鋼矢板）

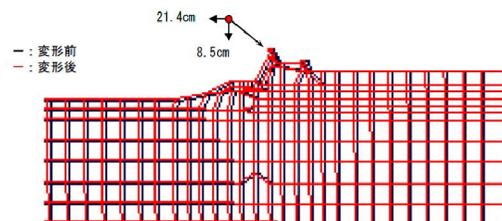


図 4-5 国分川に隣接する高知港海岸（吸江地区）の検討結果

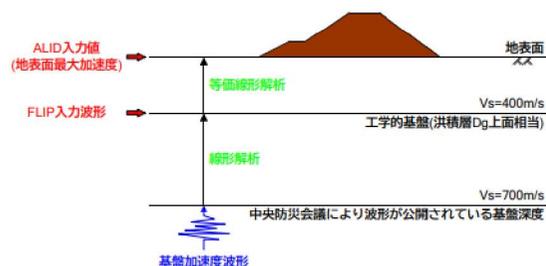


図 4-6 入力する地震波形について

「河川堤防の液状化対策の手引き 平成 28 年 3 月（国研）土木研究所 地質・地盤研究グループ土質・振動チーム」によると、静的照査法において、「パラペット付の堤防のパラペットを正確にモデル化し変形を求めたとしても、パラペットの挙動まで含めて模擬できていると考えられるべきではない。このような場合にはパラペット部分を無視するのが一般的である。」との記載がある。

浦戸湾に流入する河川では市街地のため用地の成約があり、パラペット付きの堤防である。このため、L1 津波高に対する照査は、次ページに示すようにパラペット高でおこなう。このため、パラペットの挙動を評価しない静的照査法ではなく、動的照査法（FLIP）を基本とする。

動的解析（FLIP）は、過年度に鏡川や国分川、久万川でも多くが旧基準であるが検討されており、図 4-5 に示す国分川等に隣接する港湾施設で用いられている。図 4-6 に示すように、ALID と FLIP では入力地震動の与える深度も異なる。

動的解析の FLIP は、慣性力として地震の時刻歴波形を用いて解析であり、地震時の現象を精緻にモデル化することができ、高度な解析を行うことができる。ALID と FLIP の変形解析の予測精度について一概に言う事は難しいが、詳細な土質調査試験データを与えることが出来る場合には、FLIP は予測精度が高い傾向にあると考えられている。

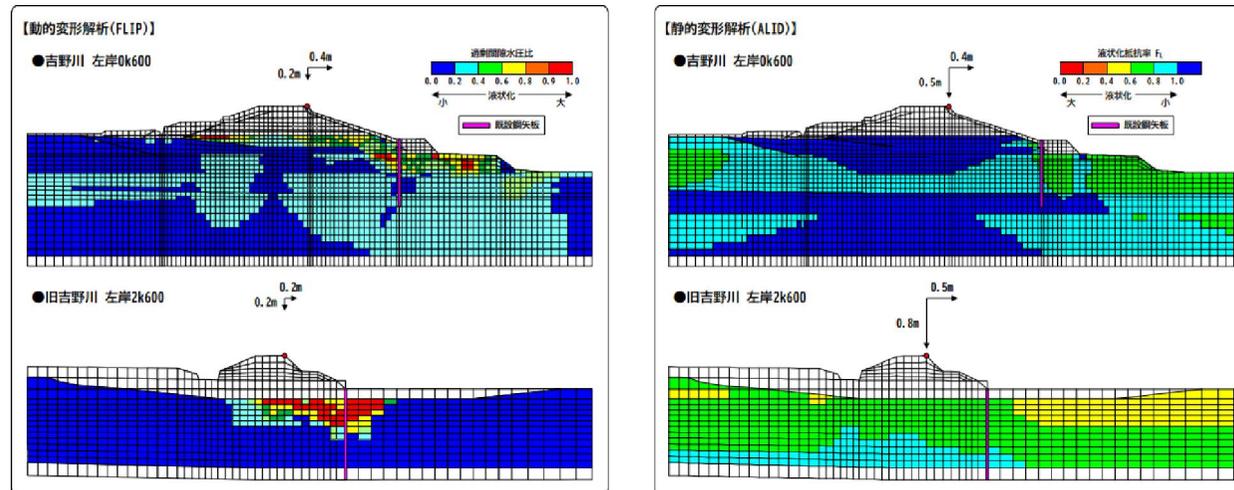
そのため、今回の L1 津波に対する事業において、特に ALID による変形解析で大きな変形量が出ている区間については、地震動特性や地盤特性等を考慮した上で FLIP による変形解析を行うと、解析精度が向上する可能性がある。

なお、変形の予測精度についてはあくまで傾向であり、一概には言えないことに留意する必要があるが、「河川堤防の地震時変形量の解析手法、H14」によると、無対策の堤防において、大きな沈下量が出て過大評価する場合がある。四国地方整備局による「吉野川」（徳島県の河川）の解析事例を図 4-7 に示す。

#### 3.4 FLIPとALIDによる解析事例の紹介

##### ■解析結果

吉野川左岸0k600および旧吉野川左岸2k600における、現況堤防（堤外側に鋼矢板施工済み：レベル1対策）の解析結果を下図に示す。



##### ■FLIPの結果

- ・盛土下部の基礎地盤において過剰間隙水圧比が上昇（液状化が発生）する結果となった。その主な要因は、地震時に堤体に作用する慣性力の増大によるものである。
- ・盛土下部のみ過剰間隙水圧比が上昇（液状化が発生）することにより、変形が生じた。

##### ■ALIDの結果

- ・液状化判定は、「道路標示方書・同解説V耐震設計編：社団法人 日本道路協会（平成14年3月）」に準拠しており、計算では地表面最大加速度を地盤全体に一律に与えている。このため、基礎地盤全体で液状化抵抗率(F<sub>l</sub>)が1未満を示す（液状化が発生する）結果となった。
- ・基礎地盤全体が液状化することにより、変形が生じた。

図 4-7 静的照査法と動的照査法の解析事例（吉野川）

## 5. L1津波に対する浸水対策事業計画の検討

### 1) L1津波に対する浸水対策方針

#### 範囲

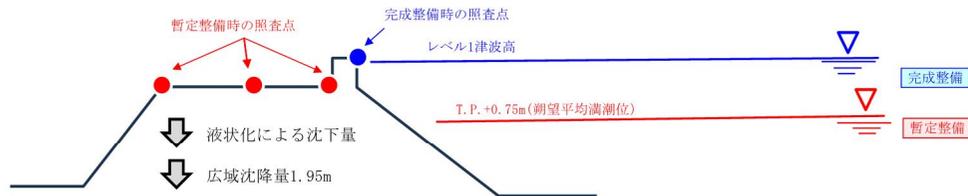
- 左右岸・上下流とのバランスを確保するため、以下の方針で検討を行う。
  - ・下流側から上流側に向かって検討を実施し、パラペット高は上流に向かって高くなるか同じ高さとする。
  - ・左右岸のパラペット高は同等の高さとする。  
(対策不要でも、対岸と高さが大きく異なる場合は、対策不要区間の嵩上げが必要となることもありうる)
  - ・下流端は橋も含み、上流端は橋の下流までを基本とし、支川が合流する場合は支川も同一ブロックとする。  
(陸間等で橋梁部の対策が必要な場合は、下流側の検討結果も踏まえて上流側で検討を実施する)
  - ・河口部が港湾区域と隣接する場合は、港湾区域の整備高さとの整合性も考慮する。
  - ・同一ブロックのすべての区間を同一業務で検討が実施できない場合は、同一ブロックで協議を行いながら、パラペット高等の調整を行う。



同一ブロックのイメージ図

#### 照査位置

- 暫定整備（朔望平均満潮位（T.P.+0.75m）を対象）の照査においては、堤防天端の堤外側、中央、堤内側の平均と、照査外水位との照査をおこなった。
- 完成整備は、パラペット天端高の1点とする。
- パラペットの水平変位が大きい場合は、目地開きによる津波の浸水が考えられる。解析結果を見ながら、適切に判断する。（例：パラペット厚×2倍）

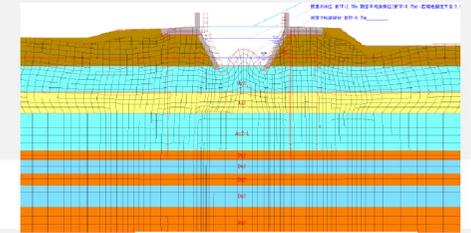


#### 照査手法

- 「河川構造物の耐震性能照査指針・解説—II. 堤防編—平成28年3月国土交通省水管理・国土保全局治水課」によると、堤防の耐震性能照査は静的照査法を基本としている。
- 一方、「河川堤防の液状化対策の手引き 平成28年3月（国研）土木研究所 地質・地盤研究グループ土質・振動チーム」に、静的照査法において「パラペット付の堤防のパラペットを正確にモデル化し変形を求めたとしても、パラペットの挙動まで含めて模擬できていると考えられるべきではない。このような場合にはパラペット部分を無視するのが一般的である。」との記載がある。
- 浦戸湾に流入する河川は、市街地を流入し用地的制約からほとんどがパラペット付の堤防である。前述のとおり、L1津波に対しては、パラペットの高さで照査を行うこと、港湾・海岸との一体的整備を行うことから、静的照査法（ALID）ではなく、港湾・海岸で標準となっており、鏡川や国分川等でも実績のある動的照査法（FLIP）を用いることとする。

#### 小河川の検討方針

- 小河川においては、対岸が近く、地質調査もどちらか一方で実施されている。兩岸の堤防がお互いに影響を及ぼすことが考えられるため、動的解析（FLIP）を実施する際は、兩岸で解析を実施するものとする。



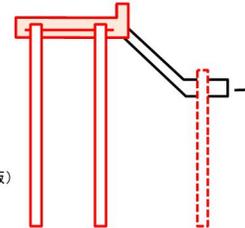
兩岸を同一の解析で実施した事例

#### 対策工法

- 代表的な対策工法は、二重鋼矢板、川表鋼矢板、地盤改良である。
- 二重鋼矢板：対策済区間でもL1津波高に対して嵩上げが必要となる区間がある。パラペット嵩上げの際は、既設護岸の挙動にも留意して、二重鋼矢板とパラペットの一体構造とするなどの対応を行う。
- 川表鋼矢板：堤防が川表に流動するような区間では、川表鋼矢板が有効な対策となる。嵩上げが必要であるため、既設護岸の変形に対して十分に留意する必要がある。
- 地盤改良：基礎地盤のみの改良では、堤防盛土が川表や川裏に流動するケースが見られる。そのため、堤防盛土の改良や置換えも必要な対策となる。

#### 二重鋼矢板

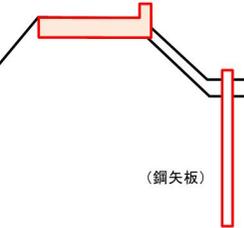
※既設護岸の変位が大きい場合は、パラペットと二重鋼矢板の一体化も検討



(鋼矢板)

#### 川表鋼矢板

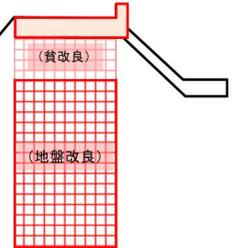
※既設護岸の変位が大きい場合は、パラペットと堤防の一体化も検討



(鋼矢板)

#### 地盤改良

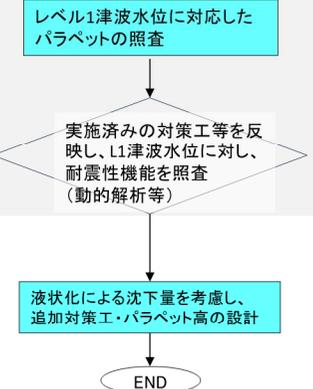
※既設護岸の変位が大きい場合は、パラペットと堤防の一体化も検討



※川表鋼矢板が必要な場合も考えられる

#### 検討フロー

- 既往の検討により、L1津波高に対して不足すると想定される区間については、再照査を実施する。
- 再照査は、既設の対策工や地層がほぼ同じであれば、検討断面を絞ることも検討する。
- 実施済みの対策工等を反映した現況の照査を改めて実施したうえで、対策工の検討を実施する。特に静的解析から動的解析とした場合に、既設対策工の効果について改めて評価したうえで、追加液状化対策の要否、対策工法を決定する。



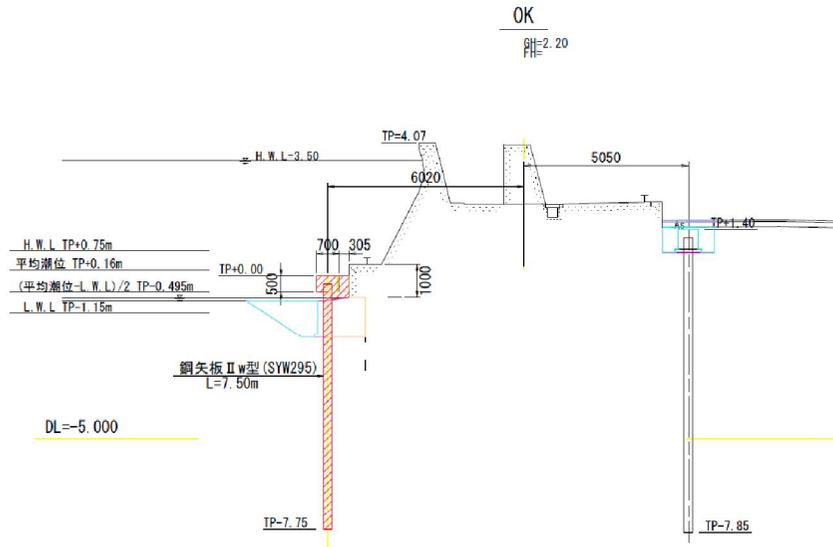
## 5. L1津波に対する浸水対策事業計画の検討

### 1) 河川の上下流、左右岸バランス及び港湾施設とのバランス

#### ◆港湾区域との接続

港湾区域との接続の例として、鏡川右岸の港湾区域は、川表に鋼管矢板を打設した耐震対策を実施しており、パラベット高さは、T.P.+4.90mで整備されている。

鏡川河川堤防は、L1津波高2.9m+広域地盤沈降1.95m≒T.P.+4.9mとなり、右岸0/000の液状化による沈下量は0.90mであることから、T.P.+5.75mの高さが必要である。そこで、港湾区域と同等の高さで接続するような追加液状化対策を行う必要がある。



右岸下流側の海岸防潮堤



右岸上流側の河川特殊堤

#### ◆河川の上下流、左右岸のバランス

津波高は河口が高く、中流で一旦下がるが、その後上流で上がる傾向にある。しかし、河川堤防は、上流から下流に向かって堤防が低くなっていくため、この原則に従って整合性を考慮しながら整備していくこととする。そのため、左右岸・上下流一体で整備高さを検討していく必要がある。

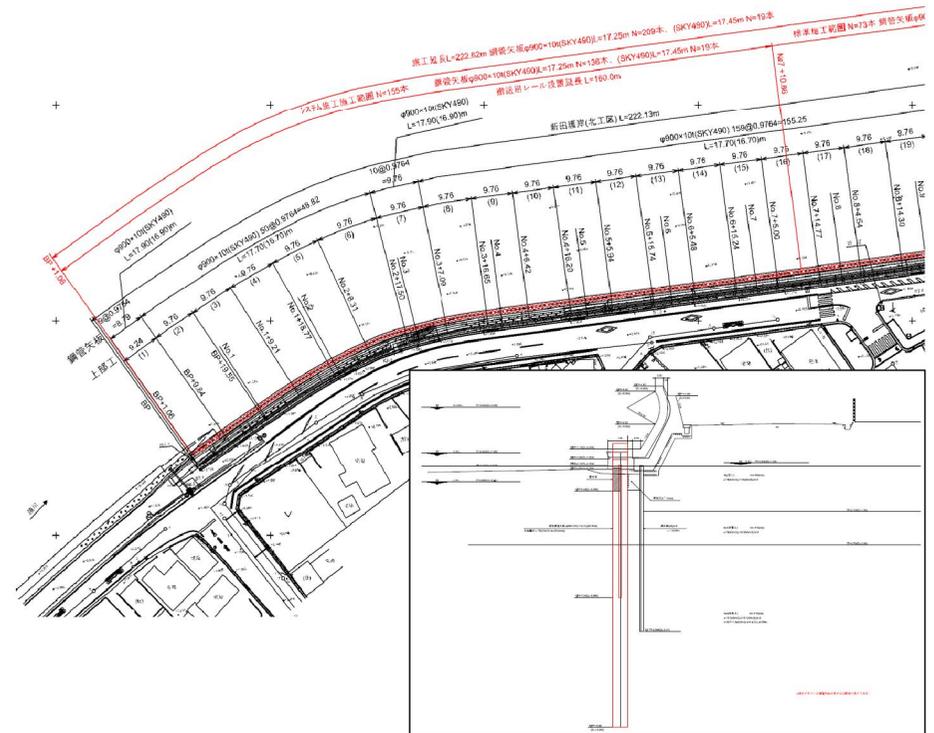


図 5-1 港湾区域の対策(鋼管矢板φ900)

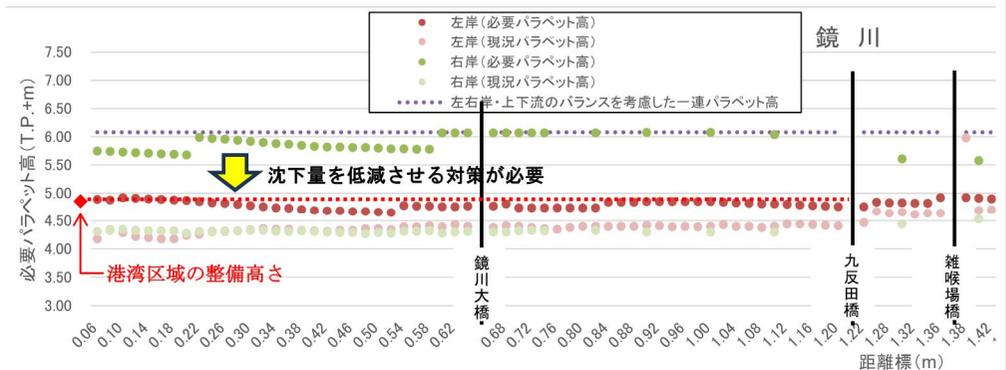


図 5-2 港湾区域の整備高さと必要な高さの関係(鏡川)

## 5. L1津波に対する浸水対策事業計画の検討

### 2) 対策区間の設計および工事

#### (1) 事前検討方針

これまでの対策効果を考慮した動的解析を実施する場合、想定される沈下量も変わるため、事前検討を実施し、沈下量を更新したうえで整備の優先度を設定することとする。

地質状況や対策工を勘案して、隣接する既往解析位置を統合することで、図 5-3 に示す 71 断面を選定した。一方で、図-5-4 に示すように、断面数が多いことから、さらに国分川の上流部等、優先度が比較的低いと想定される箇所や、前後の傾向が得られるであろうと想定した 50 断面についても案を示した。

#### (2) 設計委託業務の優先度の設定

令和 10 年施工開始のタイミングに合わせて、令和 7 年度に前述の事前検討、令和 8 年度から図 5-5 に示す優先度に応じた設計委託業務を進める必要がある。

令和7年度 検討実施(案) 全71断面

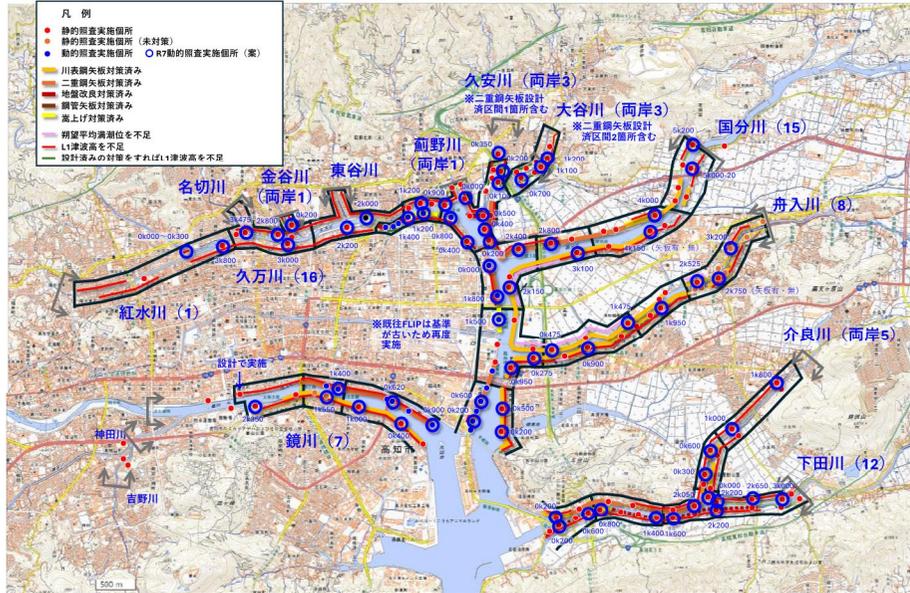


図 5-3 事前検討箇所(案1:全71断面)

令和7年度 検討実施(案) 全50断面

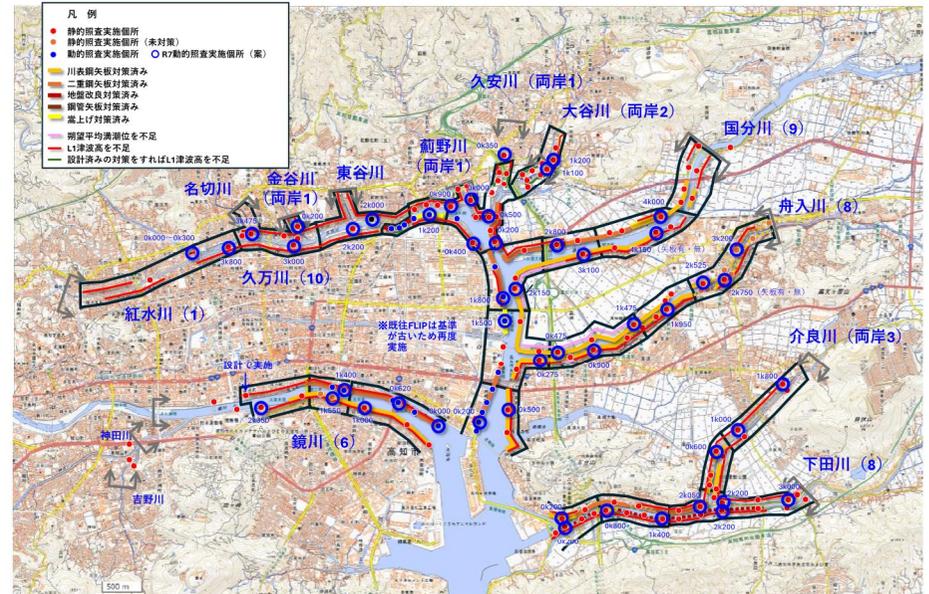
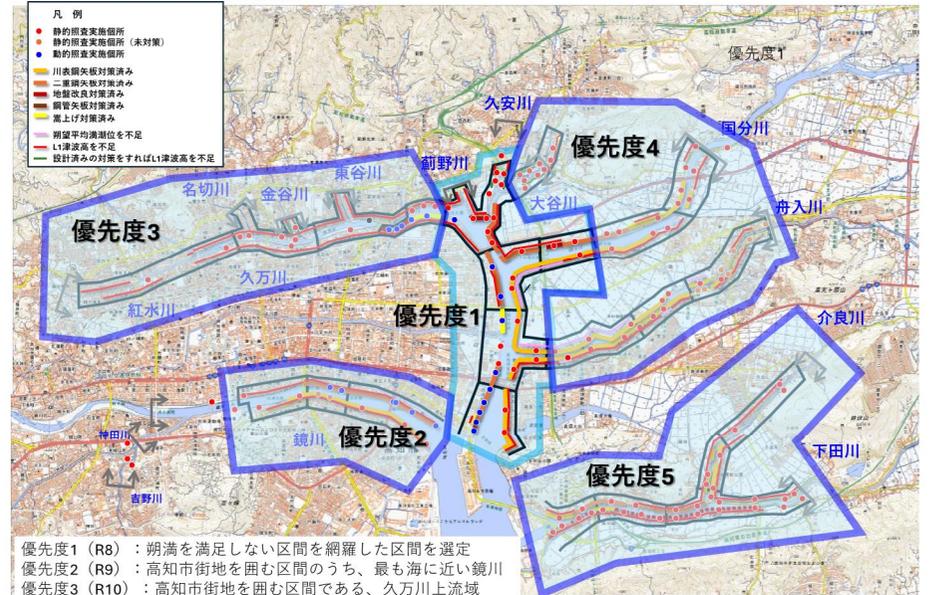


図 5-4 事前検討箇所(案2:全50断面)

令和8~12年度 設計・委託業務優先度



優先度1 (R8) : 朔満を満足しない区間を網羅した区間を選定  
 優先度2 (R9) : 高知市街地を囲む区間のうち、最も海に近い鏡川  
 優先度3 (R10) : 高知市街地を囲む区間である、久万川上流域  
 優先度4 (R11) : 山側の国分川上流部・大谷川上流  
 優先度5 (R12) : 海に近い下田川・介良川

図 5-5 設計・委託業務優先度(案)

## 5. L1津波に対する浸水対策事業計画の検討

これまでの方針に従って、河川ごとの整備方針を取りまとめた。

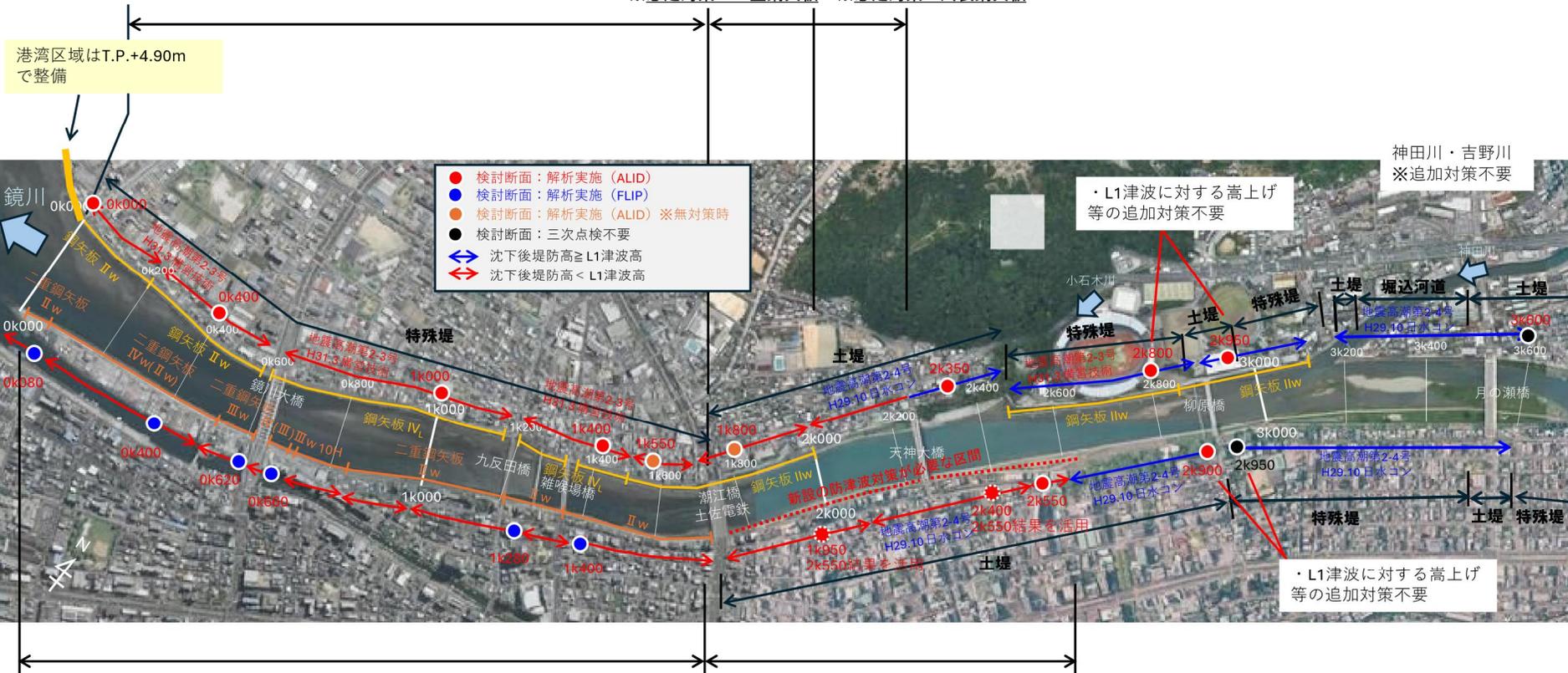
鏡川右岸では、川表矢板となっており、L1津波高に対して不足しており、左岸の二重鋼矢板とのバランスが取れないことや港湾区域との整合性（整備高さを合わせる）を考えると、同等の対策が必要と言える（図5-6）。

また、鏡川左岸の天神大橋上下流については、河岸沿いに住家があり、既往耐震性能照査では住家の堤内側の盛土について照査していたことから、河岸沿いにL1津波対策を実施することとして、最低限の敷幅となるような対策を実施することとする。なお、整備にあたっては、地質調査を実施することが望ましい。

港湾区域・左岸とのバランスを考慮すると二重鋼矢板（自立式）が基本であるが、川表矢板との組み合わせによる追加対策でT.P.+4.90mでの整備が可能かどうか検討する  
**※想定対策：二重鋼矢板**

現況検討では、T.P.+5.50m程度（0.7m程度の高上げ）の整備が必要  
**FLIPで追加対策検討**

※想定対策：二重鋼矢板 ※想定対策：川表鋼矢板



二重鋼矢板（自立式）により液状化対策済み  
 H24.2基準のため、H28.3基準で再解析をするとともに、右岸のT.P.+4.90mの高上げのみの対策が可能か確認する  
**※想定対策：バラベツト嵩上げ**

人家の川側に堤防がないため、築堤もしくは津波対策として防潮堤の可否を検討  
 ※設計時に検討することとする。  
**※想定対策：築堤または防潮堤**



図5-6 追加対策方針（鏡川）

## 5. L1津波に対する浸水対策事業計画の検討

### ◆工事施工ロードマップ（案）・治水安全度の変化

下記の2ケースを考慮した。

case1：高知市街地優先案

高知市街地を囲う、鏡川左岸、国分川右岸、久万川右岸を優先的な整備する案

case2：河川別整備案

左右岸を同時に整備する案として、河川別に優先して整備する案

以下に高知市街地優先案を示す。

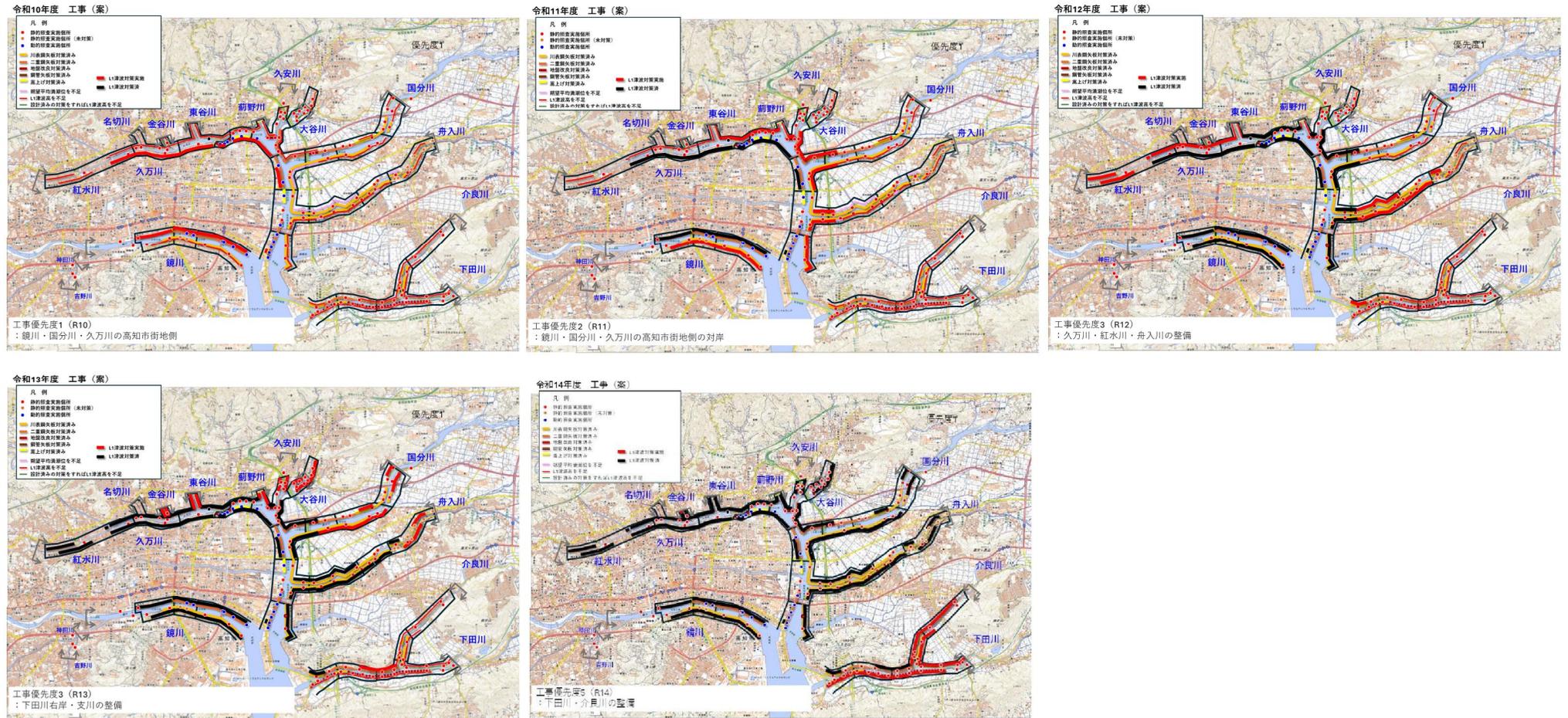


図 5-7 整備優先度案（case1：高知市街地優先）

## 6. 概算費用の算定

概算工事費の算出について、以下の条件で検討した。

- ・単価：R3 既往報告書の単価×1.2（R7 年の平均労務費と鋼材単価は R3 年度の約 1.2 倍）
- ・概算事業費：直接工事費×2.4（R3 年は直接工事費の 2.0 倍であるが、R7 年の標準は 2.4 倍）
- ・項目の見直し：R3 既往報告書に考慮されていない項目を追加し、今年度と同様な工事規模にした

この条件で R3 既往報告書の全河川の概算事業費を見直した結果、表 6-2 に示す通り、総額約 617 億円である。  
 一方、本業務に提案する検討方針を実施した場合、想定の前算事業費は約 516 億円であり、101 億円程度の削減が想定される。  
 なお、提案する検討方針について、追加ボーリング調査と追加解析における概算費用は、表 6-1 に示す通り、約 31 億円の想定である。

### 【概算委託費】

- (ア)調査委託費（ボーリング調査・液状化判定を想定）
- (イ)設計委託費（解析、設計費を想定）

### 【概算工事費】

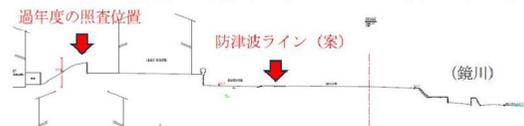
- (ウ)パラペット嵩上げ  
コンクリート打設費、チップング費
- (エ)地盤改良  
深層混合処理
- (オ)鋼矢板  
鋼矢板材料費、鋼矢板打設費

### ◆調査委託費

調査委託費は以下の三河川を計画している。

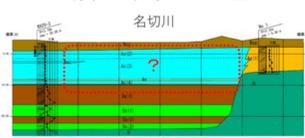
#### ①鏡川

鏡川では住家の前面に堤防がない区間があることから、津波に対する構造物を新設する。そのための調査を実施する。



#### ②名切川

名切川では 0k000 の液状化しにくい粘性土層で検討されているが、上流部や隣接河川で砂礫が出ていることから、中流部について確認を行うことが望ましい。



#### ③東谷川

東谷川は過年度で堤内地盤高が眺望平均満潮位より高いとの理由で検討不要となっていたが、今回 L1 津波高よりも低くなることから、何らかの対策が必要となる。既往の地質調査結果がないため、調査・検討を実施する。

### ◆設計委託費

設計委託費は、動的解析・対策工設計を想定している。

表 6-1 調査及び設計委託費一覧

河川名	左右岸	追加調査の概算委託費(百万円)		
		調査委託費	設計委託費	小計
鏡川	左岸	6.0	133.4	139.4
	右岸	0.0	210.7	210.7
	小計	6.0	344.2	350.2
国分川	左岸	0.0	342.7	342.7
	右岸	0.0	313.4	313.4
	小計	0.0	656.2	656.2
舟入川	左岸	0.0	228.0	228.0
	右岸	0.0	175.2	175.2
	小計	0.0	403.2	403.2
久万川	左岸	0.0	283.4	283.4
	右岸	0.0	376.6	376.6
	小計	0.0	660.0	660.0
紅水川	左岸	0.0	18.0	18.0
	右岸	0.0	18.0	18.0
	小計	0.0	36.0	36.0
名切川	左岸	3.0	43.2	46.2
	右岸	3.0	43.2	46.2
	小計	6.0	86.4	92.4
金谷川	左岸	0.0	43.2	43.2
	右岸	0.0	0.0	0.0
	小計	0.0	43.2	43.2
東谷川	左岸	3.0	0.0	3.0
	右岸	3.0	0.0	3.0
	小計	6.0	0.0	6.0
大谷川	左岸	0.0	70.1	70.1
	右岸	0.0	0.0	0.0
	小計	0.0	70.1	70.1
久安川	左岸	0.0	47.5	47.5
	右岸	0.0	16.3	16.3
	小計	0.0	63.8	63.8
下田川	左岸	0.0	207.8	207.8
	右岸	0.0	265.9	265.9
	小計	0.0	473.8	473.8
介良川	左岸	0.0	97.4	97.4
	右岸	0.0	177.8	177.8
	小計	0.0	275.3	275.3
合計		18.0	3112.1	3130.1

表 6-2 概算工事費のまとめ

河川名	左右岸	概算事業費(百万円)			うち眺望対策費(百万円)			うちL1津波追加対策費(百万円)		
		R3既往報告	本業務	差額	R3既往報告	本業務	差額	R3既往報告	本業務	差額
鏡川	左岸	1,732	1,732	0	0	0	0	1,732	1,732	0
	右岸	3,810	3,806	-3	0	0	0	3,810	3,806	-3
	小計	5,542	5,539	-3	0	0	0	5,542	5,539	-3
神田川	左岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	右岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
吉田川	左岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	右岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
国分川	左岸	7,797	7,546	-252	0	0	0	7,797	7,546	-252
	右岸	3,224	60	-3,164	0	0	0	3,224	60	-3,164
	小計	11,022	7,606	-3,415	0	0	0	11,022	7,606	-3,415
舟入川	左岸	6,156	5,743	-413	432	432	0	5,724	5,312	-413
	右岸	5,802	4,152	-1,650	312	312	0	5,490	3,840	-1,650
	小計	11,958	9,896	-2,063	744	744	0	11,215	9,152	-2,063
久万川	左岸	4,259	3,052	-1,206	0	0	0	4,259	3,052	-1,206
	右岸	4,028	3,832	-196	163	163	0	3,865	3,669	-196
	小計	8,286	6,884	-1,403	163	163	0	8,123	6,721	-1,403
紅水川	左岸	385	5	-381	0	0	0	385	5	-381
	右岸	330	183	-147	0	0	0	330	183	-147
	小計	715	188	-528	0	0	0	715	188	-528
名切川	左岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	右岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金谷川	左岸	877	877	0	796	796	0	82	82	0
	右岸	560	560	0	305	305	0	255	255	0
	小計	1,437	1,437	0	1,101	1,101	0	336	336	0
東谷川	左岸	461	461	0	0	0	0	461	461	0
	右岸	461	461	0	0	0	0	461	461	0
	小計	922	922	0	0	0	0	922	922	0
薮野川	左岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	右岸	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大谷川	左岸	492	492	0	491	491	0	1	1	0
	右岸	558	558	0	480	480	0	78	78	0
	小計	1,050	1,050	0	972	972	0	79	79	0
久安川	左岸	643	713	70	396	396	0	247	317	70
	右岸	316	316	0	158	158	0	158	158	0
	小計	959	1,029	70	554	554	0	405	475	70
下田川	左岸	9,006	9,006	0	6,408	6,408	0	2,598	2,598	0
	右岸	3,573	3,301	-272	662	662	0	2,910	2,639	-272
	小計	12,579	12,307	-272	7,070	7,070	0	5,508	5,237	-272
介良川	左岸	2,371	440	-1,931	0	0	0	2,371	440	-1,931
	右岸	4,867	4,336	-531	0	0	0	4,867	4,336	-531
	小計	7,238	4,776	-2,462	0	0	0	7,238	4,776	-2,462
合計		61,710	51,634	-10,076	10,603	10,603	0	51,106	41,031	-10,076