

5. 地震に対する徳島河川国道事務所のとりくみ

5.1 河川堤防点検の経緯と概要

■河川堤防の耐震点検

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、震央からかなり離れた淀川左岸下流部で延長1.8kmにわたって大規模な堤防の陥没・崩壊が発生した。

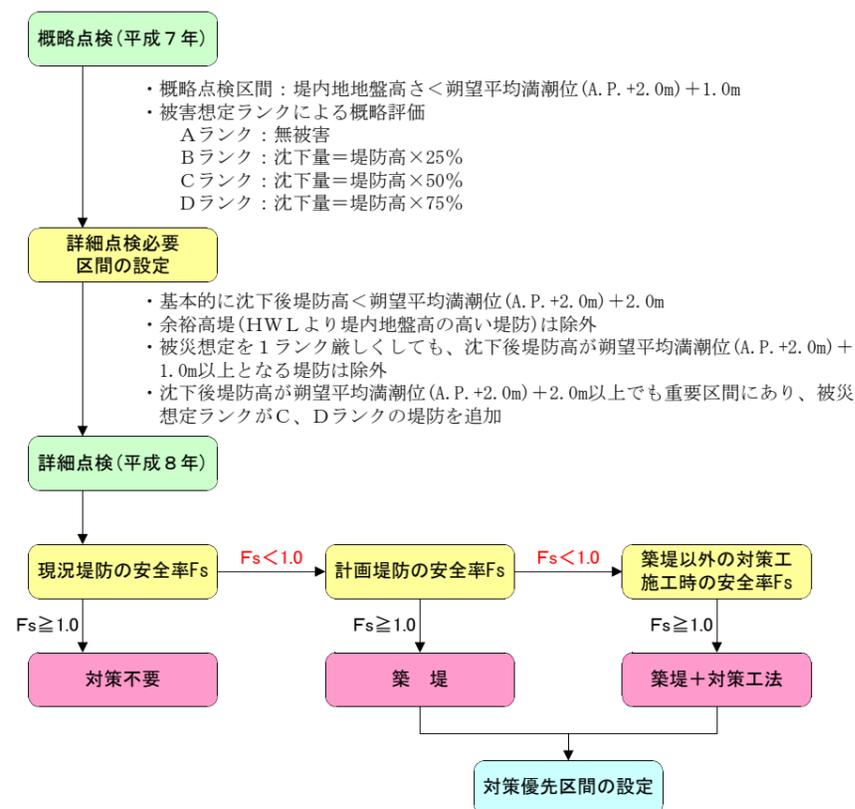
最も堤防被害の大きかった淀川左岸部では、堤体基礎地盤の緩い砂層の液状化と堤体内部土砂の側方流動によって、盛土からなる堤体の沈下が生じた。高潮による氾濫防止用のコンクリート製パラペットをもった盛土が最大3m陥没したが、幸いにも崩壊後の堤防高より満潮位が1.8m程度低かったため、大阪市内への浸水を回避することができた。



兵庫県南部地震による被災写真(淀川左岸1k0)

徳島河川国道事務所では、この兵庫県南部地震を契機として平成7年度に河川堤防の地震に対する概略点検を実施し、地震に対する安全性を4段階(A～D：危険度低い→高い)のランクで概略評価した。その結果を踏まえて、平成8年度に堤防強化に向けた詳細点検(詳細検討および設計)を実施し、危険度の高い区間については順次、中規模地震(180gal)に対する対策を行い現在に至っている。

■河川堤防の耐震検討フロー



■概略点検(平成7年9月)

河川堤防は長大な延長を有するため、地震に対する堤防の安全性を全川にわたって詳細に点検することは困難である。このため、簡便な手法により地震に対する堤防の安全性を評価し、その結果を基に抽出された危険度の高い区間に対して、詳細な検討を行うことが効率的かつ経済的である。

概略点検は、「河川堤防耐震点検マニュアル(平成7年3月)：建設省河川局治水課」に準じ、簡便な方法により求めた地震後の沈下後堤防高と河川水位との比較から二次(浸水)被害の可能性を検討し、詳細点検が必要な区間を設定した。なお、点検区間は、当面緊急的に実施する区間として、堤内地盤高さが朔望平均満潮位(A.P.+2.0m)+1.0mより低い区間を対象とした。

概略点検結果を基に設定した詳細点検必要区間を下表に示す。

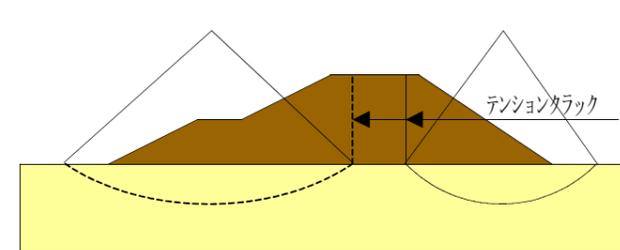
詳細点検必要区間の設定

河川名	左右岸	詳細点検必要区間
吉野川	左岸	0.0～9.0km
	右岸	0.0～5.7km
旧吉野川	左岸	0.0～12.05km
	右岸	0.0～11.3 km
今切川	左岸	1.0～9.3km
	右岸	1.0～11.6km

■詳細点検(平成8年3月)

詳細点検は、概略点検により抽出した詳細点検必要区間内で複数の代表断面を設定し、各断面において地震時の過剰間隙水圧(Δu)の上昇を考慮した「円弧すべり法」により地震時安全率(F_s)を求めた。この地震時安全率が許容安全率($F_s=1.0$)を下回る場合には、液状化対策が必要と判定した。

$$F_s = \frac{\sum (c' \times l + (W - u_0 \times b - \Delta u \times b) \times \cos \alpha \times \tan \phi')}{\sum W \times \sin \alpha}$$



ここに、 F_s ：地震時の安全率
 c' 、 ϕ' ：有効応力に関する土の粘着力(kN/m²)および内部摩擦角(°)
 W ：分割片の全重量(kN/m)
 l ：分割片で切られたすべり面の弧長(m)
 b ：分割片の幅(m)
 u_0 ：常時地下水によって発生する間隙水圧(kN/m²)
 Δu ：地震動によって発生する過剰間隙水圧(kN/m²)
 α ：各分割片で切られたすべり面の中心とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(度)

地震時安全率の算出方法

液状化対策が必要と判断された区間は、「河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル(案)(平成7年8月)：建設省土木研究所地震防災部土質研究室」に準じ、築堤を含めた対策工法の概略検討を行い、当該区間における最適工法を選定した。

なお、検討および設計に際しては「中規模地震動(180gal)」を設計外力としており、兵庫県南部地震で生じたような大規模地震動は考慮していない。

5.2 中規模地震動(180gal)に対する対策

■耐震対策工法の選定

液状化対策工法には多種多様の工法があるが、設計上以下のように大別される。

- ①地盤系対策工法：基本的に対策域(改良体)を地盤として取り扱う。堤防の安定は、円弧すべり法により求めた安全率により照査する。
- ②構造系対策工法：基本的に対策域(改良体)を構造物として取り扱う。堤防の安定は、円弧すべり法により求めた安全率による照査に加えて、構造物(改良体)の外的安定および内的安定により照査する。

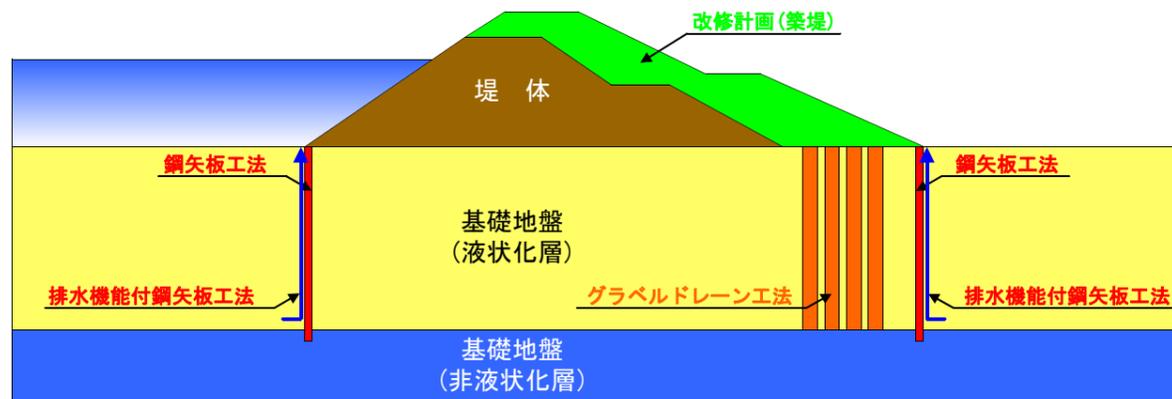
液状化対策工法一覧表

工 法		安定性の評価	改良仕様の設定	取り扱う工法
地盤系対策工法	振動締め固め工法	過剰間隙水圧を用いた円弧すべり計算で安定性を評価	所用の液状化抵抗率を満足するように設定	サントコンパクションパイル工法 振動棒工法 パイロフローテーション工法 低振動締め固め工法
	静的締め固め工法			コンパクショングラウチング工法 特殊石灰パイル工法
	ドレーン工法			所用の過剰間隙水圧比を満足するように設定 グラベルドレーン工法 プラスチックドレーン工法
	押え盛土工法			過剰間隙水圧を用いた円弧すべり計算で安定性を評価
構造系対策工法	固結工法	円弧すべり安全率による照査に加えて、構造物の外的安定及び内的安定により照査する	円弧すべり安全率による照査に加えて、構造物の外的安定及び内的安定により照査する	深層混合処理工法 高圧噴射攪拌工法 注入固化工法
	鋼材を用いた工法			自立(鋼管)矢板工法 自立(鋼管)矢板工法(排水機能付)

出典：「河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル(案)」
：建設省土木研究所耐震技術研究センター動土質研究所(平成9年10月)

吉野川下流域では上記した対策工法のうち、以下に示す工法を除外している。

- ①締め固め工法：振動、騒音が大きいとされる工法であり、周辺環境(近接する住家)への影響がある。
- ②固結工法：吉野川下流域では地下水利用が多く、施工時に地下水汚濁などの可能性がある。



吉野川下流域における耐震対策工法の概要図

■吉野川下流域に必要な耐震対策工法

詳細点検(平成8年3月)により選定した、吉野川下流域に必要な耐震対策工法を下表および次頁に示す。なお、実際の施工に際しては、再度詳細設計を行い、工法・規模について検討している。

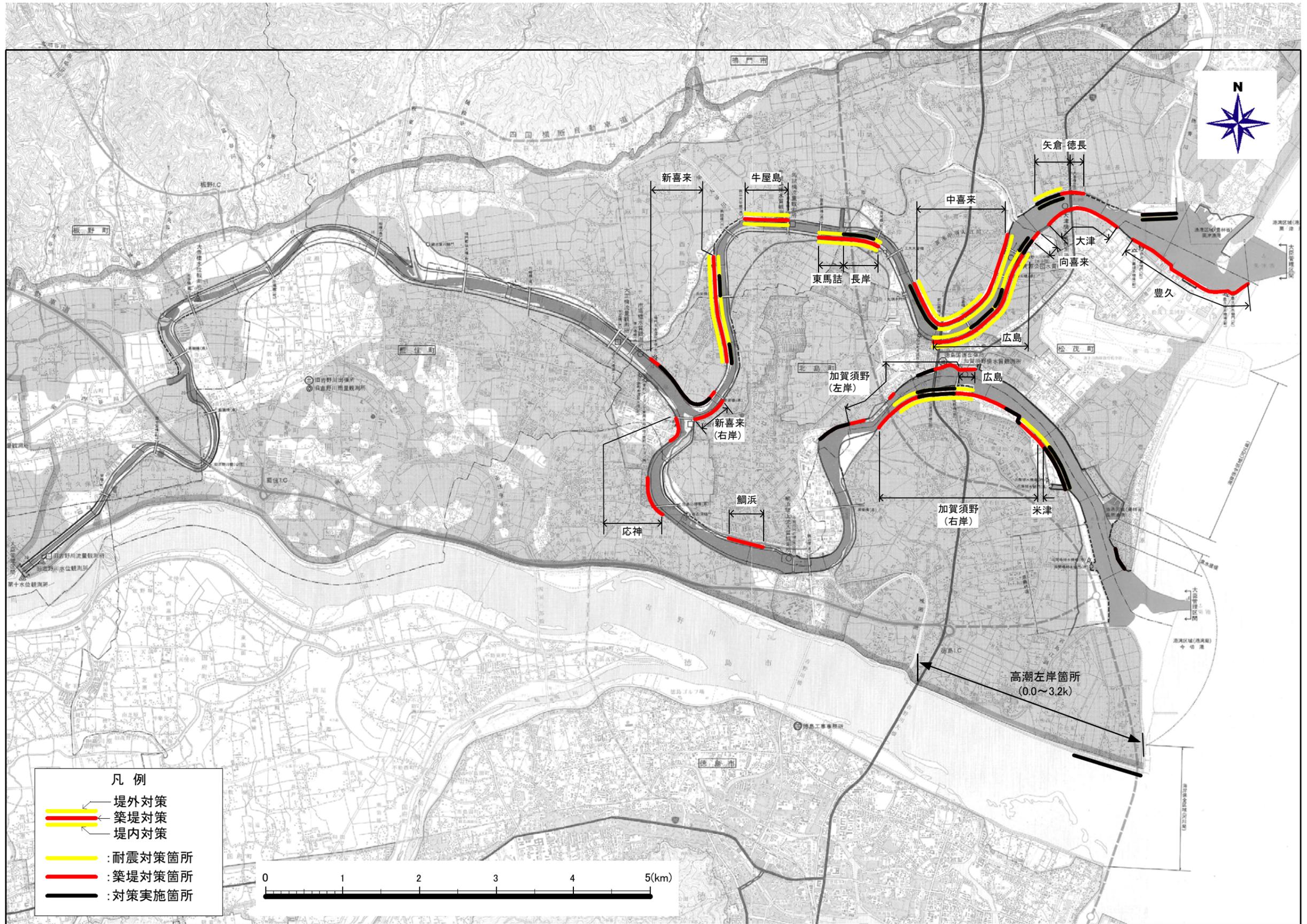
地震対策を実施する区間(耐震対策)

河川名	実施区間						
	左 岸			右 岸			
	箇所名	地区名	距離標	箇所名	地区名	距離標	
旧吉野川	大津箇所	矢倉	2.5 ~ 2.8 k	松茂箇所	広島	3.4 ~ 5.0 k	
		中喜来	3.2 ~ 5.7 k		長岸	6.5 ~ 7.0 k	
	喜来箇所	牛屋島	7.7 ~ 8.3 k		東馬詰	7.0 ~ 7.4 k	
		新喜来	8.9 ~ 10.3 k				
	小 計			約 4.8 km	小 計		約 2.5 km
						合 計	約 7.3 km
今切川				今切川右岸	米津	2.9 ~ 3.0 k	
					加賀須野(右岸)	3.0 ~ 3.4 k	
						4.2 ~ 5.3 k	
	小 計			約 0.0 km	小 計		約 1.6 km
						合 計	約 1.6 km
総合計							約 8.9 km

地震対策を実施する区間(築堤等)

河川名	実施区間						
	左 岸			右 岸			
	箇所名	地区名	距離標	箇所名	地区名	距離標	
旧吉野川	大津箇所	徳長	2.3 ~ 2.4 k	旧吉野川右岸高潮箇所	豊久	0.0 ~ 1.4 k	
		矢倉	2.4 ~ 2.5 k		松茂箇所	豊久	1.4 ~ 1.5 k
		中喜来	3.2 ~ 5.7 k		大津	1.7 ~ 2.8 k	
	喜来	牛屋島	7.7 ~ 8.3 k		向喜来	3.0 ~ 3.1 k	
		新喜来	8.9 ~ 10.3 k		広島	3.4 ~ 5.0 k	
					長岸	6.5 ~ 7.0 k	
	大麻	新喜来	11.9 ~ 12.1 k	北島箇所	東馬詰	7.0 ~ 7.4 k	
					新喜来(右岸)	10.8 ~ 11.3 k	
	小 計			約 5.1 km	小 計		約 5.7 km
							合 計
今切川	今切川左岸箇所	広島	4.2 ~ 4.4 k	今切川右岸箇所	米津	2.9 ~ 3.0 k	
		加賀須野(左岸)	4.4 ~ 4.7 k			加賀須野(右岸)	3.0 ~ 3.4 k
			5.2 ~ 5.3 k				3.7 ~ 4.5 k
			5.8 ~ 6.0 k			5.0 ~ 5.7 k	
		鯛浜	8.8 ~ 9.3 k		応神	10.2 ~ 10.7 k	
						11.2 ~ 11.6 k	
	小 計			約 1.3 km	小 計		約 2.9 km
						合 計	約 4.2 km
総合計							約 15.0 km

(平成18年1月現在)



吉野川下流域に必要な耐震対策工法

5.3 東南海・南海地震に対する危機管理体制の整備状況

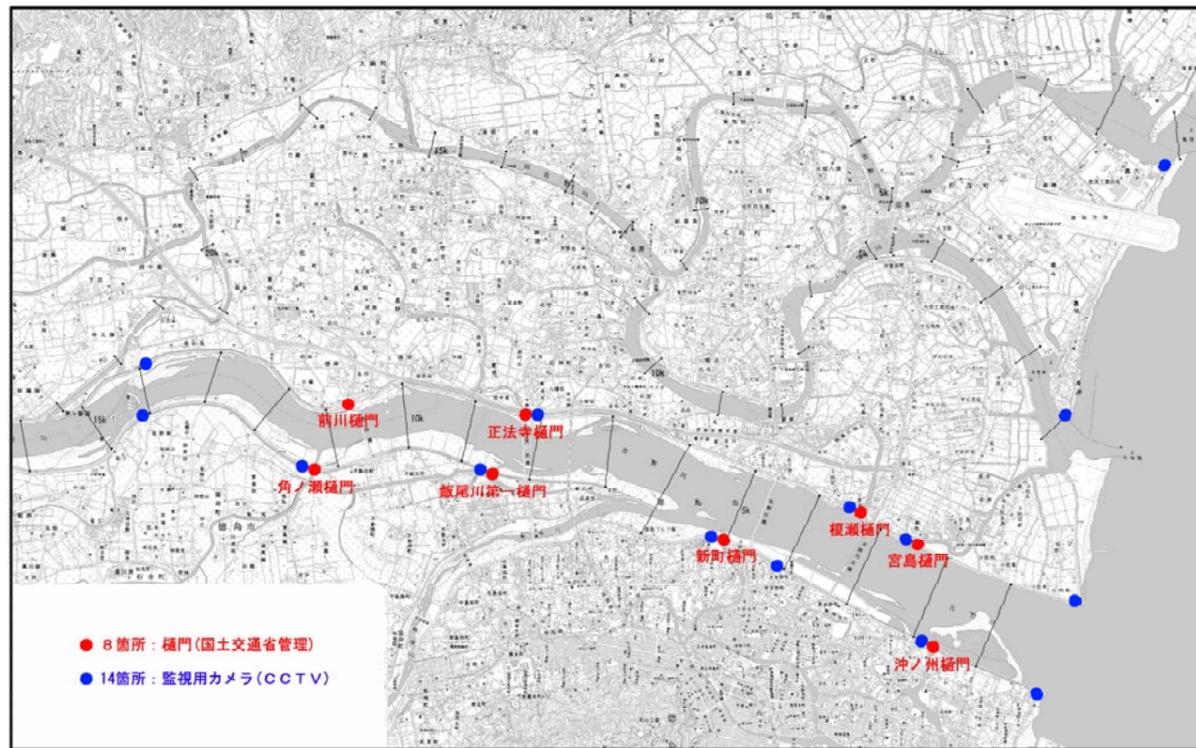
■樋門ゲート降下速度の高速化とCCTVによる監視

中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」によれば、東南海・南海地震により発生する津波(1m)が吉野川河口に到達するまでの時間は、42分程度と予測される。これに対し、通常時の樋門開閉操作は操作員が手動で行っており、地震後に道路が寸断されたり、情報の錯綜などによる混乱を考慮すると、現状の手動システムで津波が到達するまでに樋門を閉鎖することは困難と考えられる。

徳島河川国道事務所では、地震後の津波の襲来に備えて、樋門の確実かつ迅速な開閉操作が可能な「自動遠隔化」と、津波到達時間に開閉操作を間に合わせるための「ゲート降下速度の高速化」を完了した。また、「CCTV」による堤防および津波の監視をしている。

■吉野川下流域の樋門およびCCTV

徳島河川国道事務所が管理する吉野川下流域(第十堰下流)の樋門およびCCTVを示す。



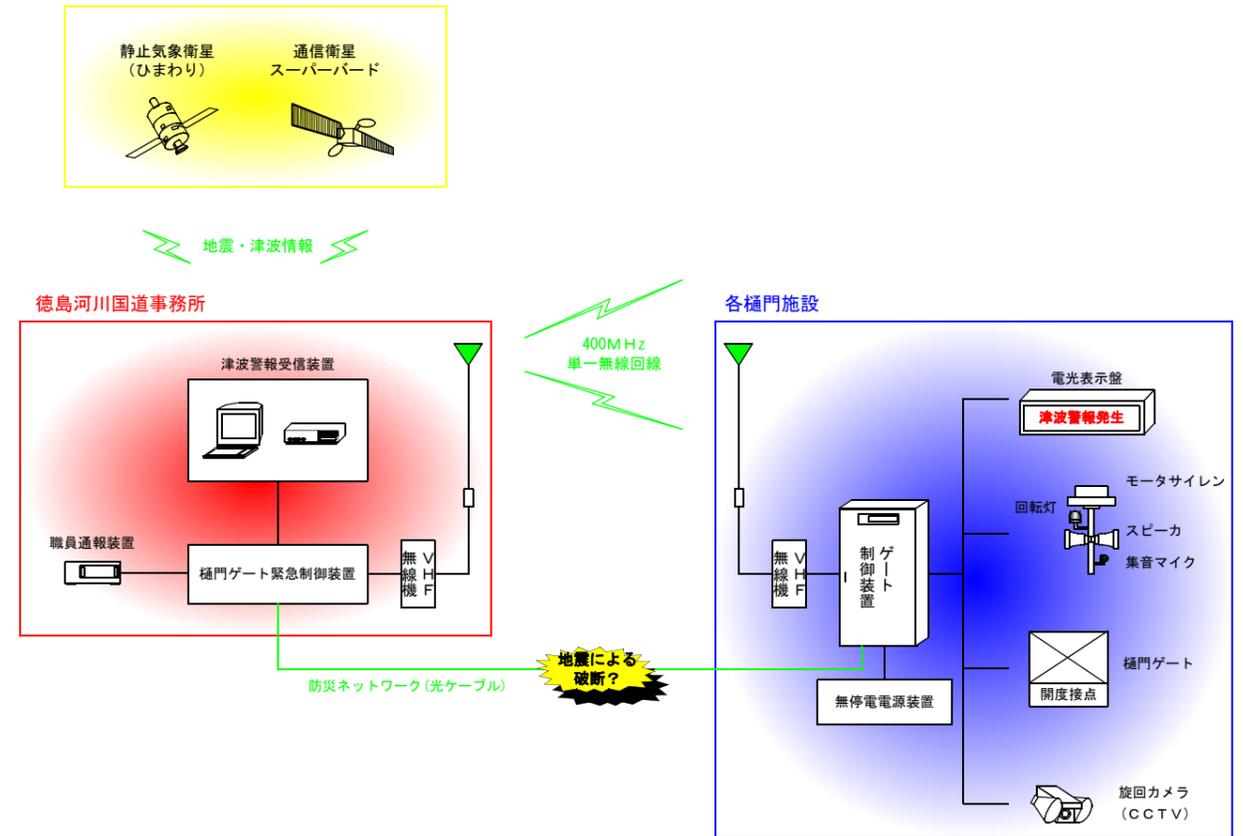
■現状の樋門運用システム

樋門の開閉は、徳島河川国道事務所が定める「マニュアル」にしたがって、開閉時に事務所(管理者)から各樋門の操作員に連絡した後、操作員が樋門に行き、手動により開閉を行う方法をとっている。

この樋門の開閉操作にかかる時間(管理員から連絡を受けた後、操作員が樋門に行って開閉終了するまでの時間)は、概ね30分～1時間程度である。

■樋門操作の自動遠隔化

樋門の自動遠隔操作システム(案)を以下に示す。



■樋門のゲート降下速度の高速化

樋門のゲート降下速度は0.3m/min(現状)であり、この降下速度を高速化(対策後)することを目標とする。これにより「樋門操作の自動遠隔化」と併せて、津波到達時間までに樋門を確実に閉鎖することが可能になる。

設備名	完成年月	開閉時間(現状) (0.3m/min)	開閉時間(対策後)
沖ノ洲樋門	H7.3	23	5
新町樋門	H3.3	29	5
飯尾川第1樋門	H13.12	14	3
		9	2
角ノ瀬樋門	S63.8	21	4
宮島樋門	S55.5	23	5
榎瀬樋門	S57.9	24	5
正法寺樋門	H5.3	13	3
前川樋門	H6.2	4(対策済)	4

※ 開閉速度はマニュアルにより0.3m/minに規定。

■CCTVによる堤防および津波の監視

CCTV(空間監視カメラ)は、吉野川・旧吉野川・今切川沿岸の河川管理施設の管理強化を目的として設置されたものであり、堤防の利用状況や津波などの監視を行うものである。



CCTV(本体)



新町樋門：吉野川右岸5k0(樋門上部に設置されたCCTV)



CCTV(附帯設備)



吉野川右岸河口に設置されたCCTV