

番匠川の漏水対策における堤内基盤排水工法の採用について

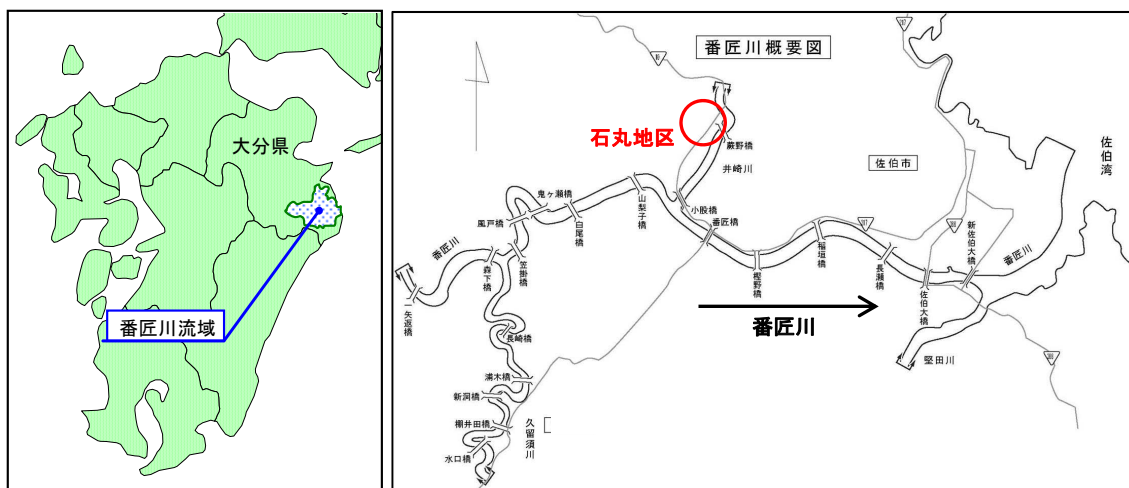
佐伯河川国道事務所 調査課 ◎樋口 俊二
○野中 陽平

1. はじめに

番匠川は、その源を大分県佐伯市の三国峠に発し、佐伯市街部を貫流し、佐伯港に注ぐ、幹川流路延長 38km、流域面積 464km²の一級河川である（図－1）。

番匠川支川井崎川石丸地区では、平成 16 年 10 月 20 日出水（台風 23 号）により、堤防に近接する耕作地にて、噴砂を伴う漏水が確認されている。漏水は堤体法尻から離れた堤内位置で発生しているため、基礎地盤浸透に伴う基盤漏水と考えられる。

平成 24 年 7 月九州北部豪雨における矢部川堤防決壊においても、漏水・噴砂が原因で破堤に至ったと推測されており、実現象が発生した番匠川水系においても例外ではなく、早急に漏水対策に取り組んでいくことが求められる。本論文では、背後地に資産が多く、優先度が高い石丸地区における漏水の対策工法の検討について報告する。



図－1 番匠川流域の位置図及び番匠川概要図

2. 地形・地質

当該地区における漏水の要因分析及び対策工法を検討するための基礎資料として地質構成を確認すると共に、対策工の検討に必要な物性値の把握及び地下水調査を目的として地質調査を実施した（表－1）。

当該地区の地質は、上位から盛土(Bg)、沖積層砂質土(Acs)、沖積礫質土層(Ag)、洪積礫質土層(Dg)、基盤岩(T)で構成されている（図－2）。砂岩、チャート等の硬質な玉石が混在する礫質土層が 20m 近くにも及ぶ。

地下水は概ね堤内地から河川に向かう流向を有しているものと推察される。河川水位の上昇に敏感であり、出水時には河川から堤内地側に向かう流向が推察される。山が後背地に近接しており、山からの地下水による影響も考えられる。

地盤の透水性について、現場透水試験結果より、基礎地盤に分布する礫質土層は 10⁻²～10⁻¹(cm/s)オーダーに近い透水係数を有しており、極めて高い値を示している。堤体直下に

分布する沖積礫質土層(Ag)とその下位に分布する洪積礫質土層(Dg)では1オーダー程度透水係数が異なり、下位の洪積礫質土層(Dg)の透水性が相対的に小さい。堤内地側基礎地盤上位に、沖積層砂質土(Acs)が薄く分布しており、局所的に砂質シルト状を呈しているため、透水係数は $10^{-5}(\text{cm/s})$ と透水性が非常に低い。河川水位上昇時、揚圧力は被覆土層下面に作用し、透水性が低く被覆土層が薄いと、盤膨れを生じる原因となる。

表-1 土質定数の設定

区分	地層記号	土質区分	単位体積重量				強度定数			透水係数 K (cm/s)		
			湿潤体積重量 (kN/m ³)		飽和体積重量 (kN/m ³)		粘着力C (kN/m ²)	内部摩擦角φ (度)		設定値	設定根拠	
			設定値	設定根拠	設定値	設定根拠		設定値	設定根拠			
堤体	Bg	礫質土	20.2	土質試験	21.5	土質試験	1.0	手引き値	37.4	三軸試験	1.70E-03	室内透水試験
	Acs	シルト質砂	19.5	土質試験	19.9	土質試験	6.0	三軸試験	35.6	三軸試験	1.00E-05	一般値
基礎地盤	Ag	礫質土	20.0	一般値	21.0	一般値	0.0	一般値	38.2	現場試験	8.90E-02	現場透水試験
	Dg	礫質土	20.0	一般値	21.0	一般値	0.0	一般値	40.0	一般値	8.00E-03	現場透水試験
	T	基盤岩	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00E-06	一般値
天端舗装		-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00E-05	一般値

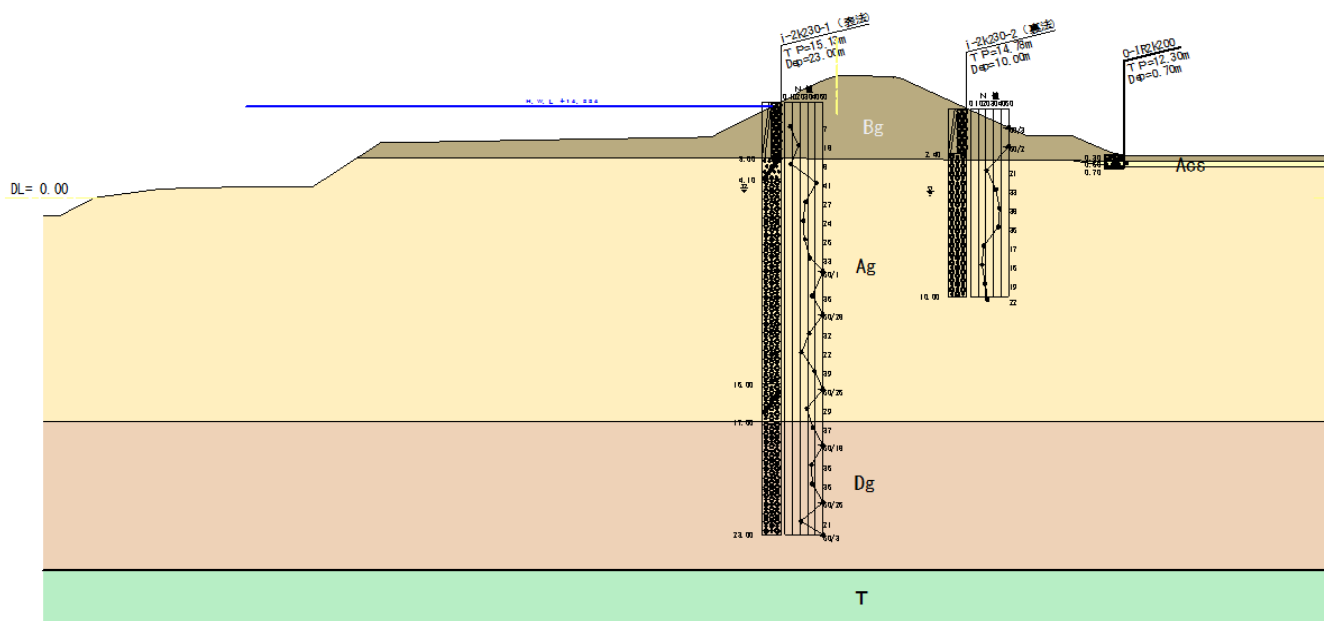


図-2 井崎川右岸 2k200

3. 現況堤防の安全性照査

現況堤防の安全性の評価として洪水時における、裏法のすべり破壊に対する安全性、表法すべり破壊に対する安全性（河川水位低下時）、パイピング破壊に対する安全性について検討を行った。

検討にあたって、被災箇所へ近接し、平均動水勾配が最大となる断面を基準断面（井崎川右岸 2k200）として設定した。なお、基準断面前後の地質構成や地盤高を踏まえ、対策区間について比較検討をすることを目的として、上流の堤内地盤高が異なる2断面(2k600、2k900)と下流で堤防天端と堤内地盤高の比高差が2k200の次に大きい1k400と被覆土が薄い1k800の2断面を補足断面として設定した（図-3）。

1k400、1k800、2k200、2k600、2k900断面で照査を行った結果、2k200以外の断面はパイピング破壊に対する安全性を満たしていることから、対策不要区間とし、2k100～2k600を優先対策区間とした。

基準断面において、雨水及び河川水の浸透に

表-2 現況堤防の安全性照査結果

項目	井崎川右岸2k200				
	すべり破壊		パイピング破壊		
	堤内側	堤外側	局所動水勾配		G/W
		水平	鉛直		
基準安全率	1.452	1.000	0.500	0.500	1.000
安全率	1.701	1.834	0.570	0.671	0.545
照査結果	○	○	×	×	×

より川裏法尻付近で局所動水勾配に対する安全性が不足する。基礎地盤 Ag 層の透水係数が 10^{-1} オーダーに近い値であること、被覆土 (Acs 層) が薄いこと、堤防天端と堤内地盤高の比高差が大きいことにより、川裏法尻付近の G/W に対する安全性が不足する結果となった (表-2)。

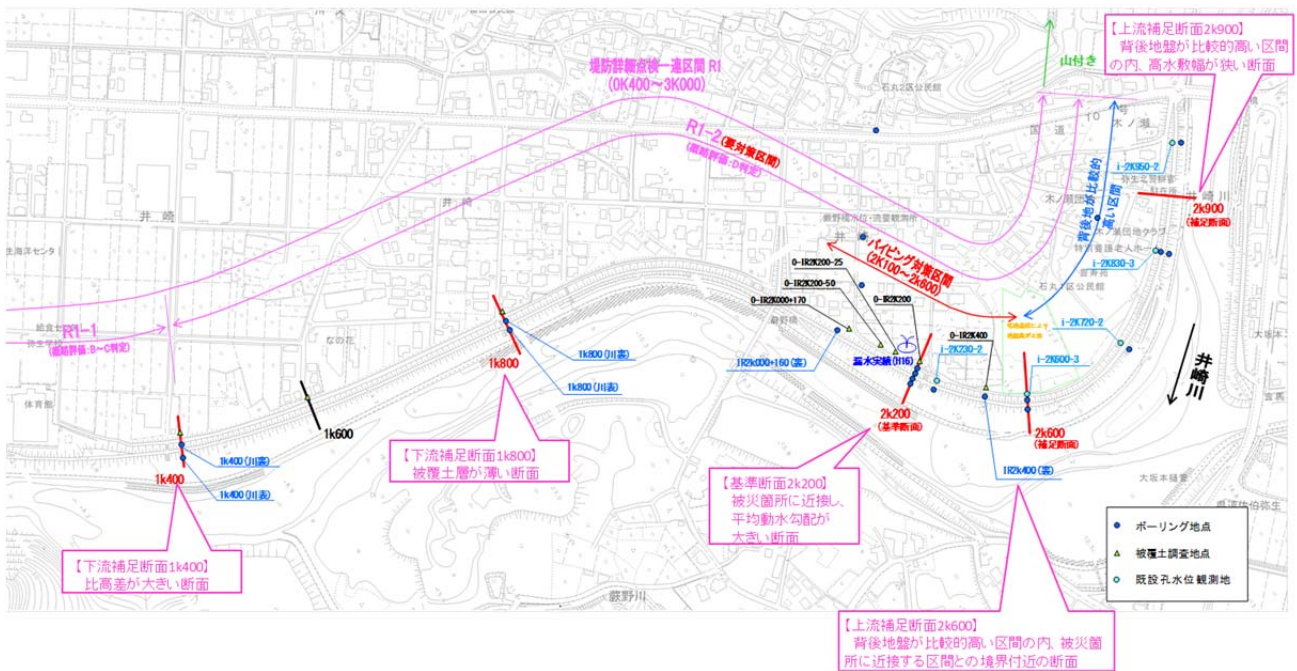


図-3 検討断面位置平面図

4. 対策工法の検討

以上の結果を踏まえ、漏水の対策工法の検討を行った。一般的に漏水の対策工法としては、断面拡大工法、ドレーン工法、表法被覆工法、川表遮水工法 (矢板工法)、ブランケット工法、堤内基盤排水工法、天端被覆工等がある。

各対策工法の特長や地質・地形、築堤状況等を勘案し、対策工法の一次選定を行った結果、表法被覆工法、川表遮水工法、堤内基盤排水工法が適用可能となった。(表-3)。

表-3 対策工法一次選定

対策方針		
断面拡大工法	適用困難	河積阻害、用地制限により適用困難。
ドレーン工法	適用困難	堤体・基礎地盤の透水性が高く、一般的なドレーン工法では十分な排水効果が期待できない。
表法面被覆工法	○適用可能	川表側の浸透防止対策であり、河川水の浸透防止により、湿潤線、局所動水勾配を低下させる。この対策効果により、すべり破壊・パイピング破壊に対して有効と考えられる。
川表遮水工法 (矢板工法)	○適用可能	基礎地盤への浸透料を低減する工法であり、これに伴う揚圧力の低下により、パイピング破壊に対して対策効果が期待できる。
ブランケット工法	適用困難	高水敷がないため適用困難。
堤内基盤排水工法	○適用可能	揚圧力の低減を期待できる工法であり、圧力の低下によるパイピング破壊防止対策として期待できる。
天端被覆工	適用済	-

一次選定工法

一次選定工法の中で対策効果の期待できる対策工法として、「遮水矢板工法」及び「堤内基盤排水工法」が挙げられた。なお、当該箇所での被災要因は主として基礎地盤からの浸透のため、「表法面被覆工法」の効果は小さいが、上記工法との併用が可能のため、採用については検討中である。

「遮水矢板工法」について検討を行ったが、基礎地盤に分布する Ag 層、Dg 層において、φ100~200mm 程度の巨礫が多く分布し、硬質なチャート礫を含むこと、Ag 層、Dg 層が

分厚く、矢板打設長が 20m 以上にも及ぶことから矢板打設の困難性が予想された。また、平常時は山から川に向かって地下水が流れており、遮水矢板打設により堤内地側地下水を排水できないことや矢板打設の困難性による高いコストが懸念された。

堤内基盤排水工法は実証事例が少ないものの、土研、国総研、本省とも協議を重ね、盤膨れに対する安全性向上が見込まれることから、「堤内基盤排水工法」を対策工法として選定した。

対策実施後の安全性について検討した結果、盤膨れに対する安全率である、G/W についても基準安全率を満たす結果となった（表-4）。

表-4 対策実施後の安全性照査結果

項目	すべり破壊		パイピング破壊		G/W
	堤内側	堤外側	局所動水勾配		
			水平	鉛直	
基準安全率	1.452	1.000	0.500	0.500	1.000
安全率	1.701	1.834	-	-	1.092
照査結果	○	○	○	○	○

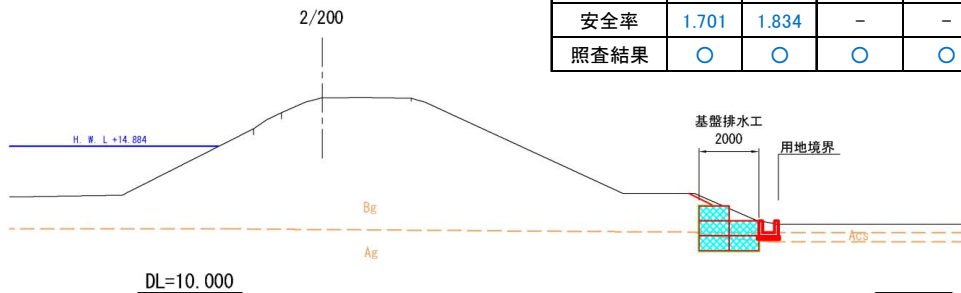


図-4 対策工標準断面（井崎川右岸 2k200）

5. モニタリング計画（案）

堤内基盤排水工法は、実証事例が少ないこともあり、モニタリング計画を策定し、維持管理を継続していく必要がある。以下の点に留意して、モニタリングを実施する。

- ・河川水位の変化に伴った、被覆土層下層部の透水性地盤（Ag層）における、地下水の挙動を捉え、対策工の効果を検証する
- ・対策工の機能が経年的にどのように変化するかを確認する

以下に、モニタリング計画（案）を示す。

①観測計器によるモニタリング

基礎地盤の水位及び流速を観測し、データ蓄積を行い、対策効果の検討の基礎資料とする。

②目視点検等によるモニタリング

堤内基盤排水工法による周辺地盤の変状や対策工法の有効性について、堤防周辺、排水路周辺地盤及び当該工法の観測孔内を目視で観測する。

また、観測孔を利用した水位低下速度の観測を実施する。

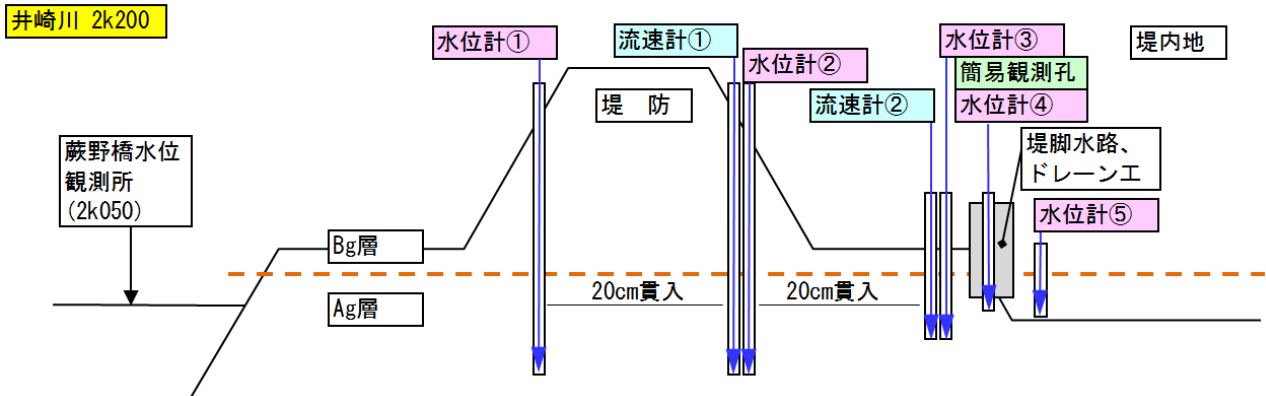


図-5 計器設置図