

伊佐津川堤防補強工事 ～天井川堤防における漏水対策工事～

西村 尚哉

京都府港湾事務所 建設課 (〒624-0945京都府舞鶴市字喜多1105番地1舞鶴21ビル7階)

京都府舞鶴市内を流れる二級河川伊佐津川は天井川的な地形を有しており、台風通過時等には一部の堤防及びその周辺地盤からの漏水が確認されていた。現地調査の結果、堤防下層に透水層が確認されると共に、パイピングに対する安全性が確保されていない箇所があることが判明し、堤防補強工（遮水矢板工、ドレーン工）を実施した。本論文では、堤防点検、堤防補強工の選定、工事の実施状況について紹介する。

キーワード 天井川，堤防補強，漏水対策

1. はじめに

河川堤防が整備されたことにより、従来の氾濫原にも人工や資産が集積するようになり、堤防の安全性の確保は益々重要となってきている。このような中、平成16年に「中小河川における堤防点検・対策の手引き（案）（平成16年11月 財団法人 国土技術研究センター）」

（以後「手引き」）

<http://www.jice.or.jp/siryo/t1/200411040.html>において、堤防に求められる安全性に係わる3機能（耐浸透機能・耐浸食機能・耐震機能）のうち、耐浸透機能に関する堤防点検対策が示されている。

本件では、前述の背景から実施された伊佐津川左岸堤防の点検、耐浸透機能の強化対策工法の選定、工事の実施状況について紹介する。事業概要を図-1に示す。

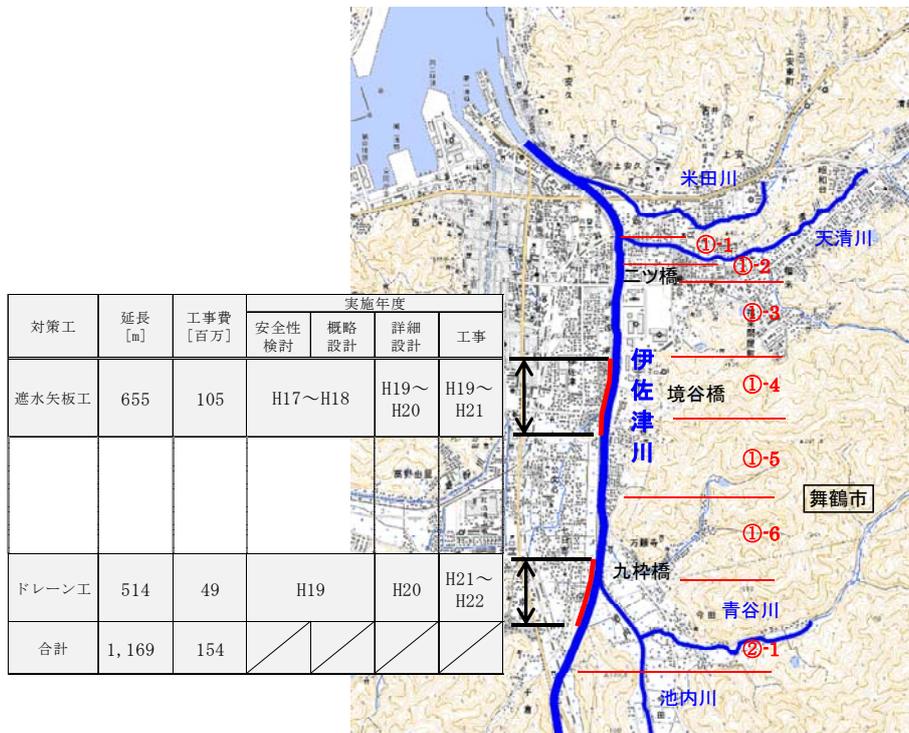


図-1 事業概要

(赤色の番号は堤防点検により設定された細分区間を示す)

2. 伊佐津川について

伊佐津川は綾部市於与岐町の弥仙山に源を發し、池内川、天清川、米田川などの支川を合わせ、舞鶴市字下安久で舞鶴湾に注ぐ延長17.9km、流域面積約75km²の二級河川である(図-2)。

上流部(綾部市域)及び中流部(舞鶴市域上流)は堀込み河道であり、下流部(舞鶴市街地)の左岸は築堤で

ある。下流部の左岸築堤部は、平均的な川底と堤内側の宅地の地盤に高低差が殆ど無く、天井川的な形状であり、左岸側には、舞鶴市西地区の市街地が広がっている(図-3)。

本事業において、平成17年度から行った堤防点検の結果では、点検区間を7つに細分化した。そのうちの安全性を確保できない2つの細分区間において、それぞれ遮水矢板工及びドレーン工を選定し、平成19年度から平成22年度にかけて工事を実施した。

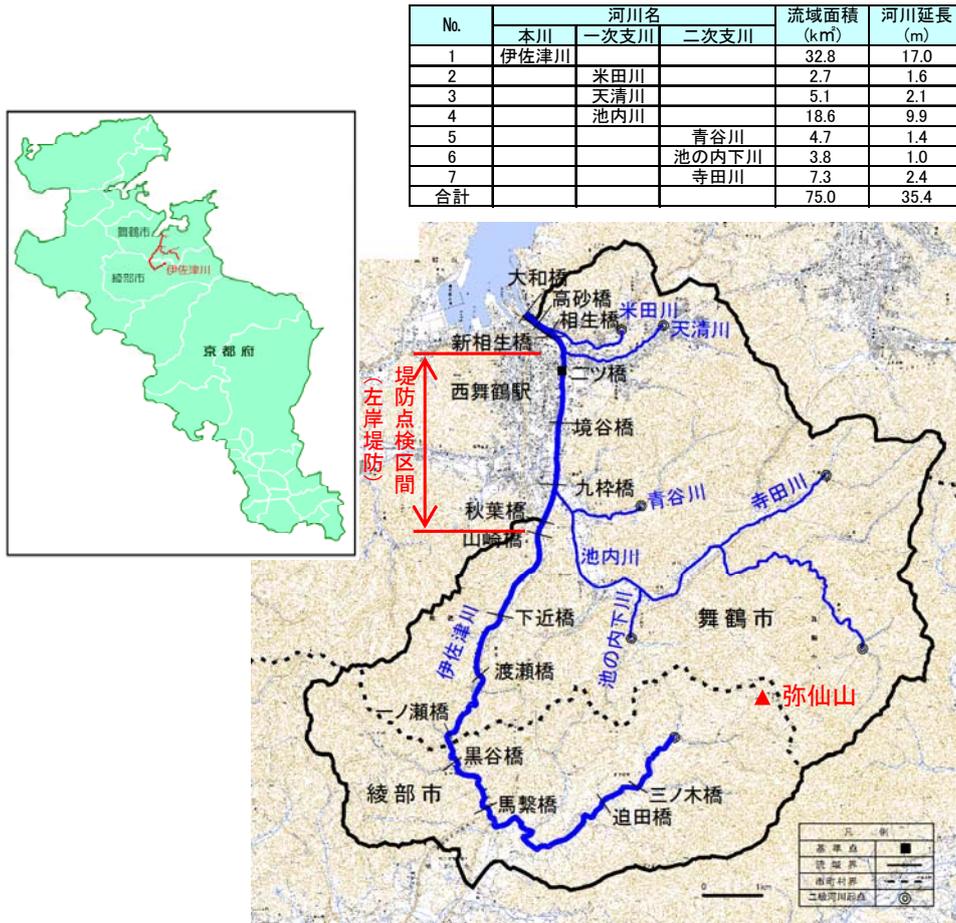


図-2 伊佐津川の概要

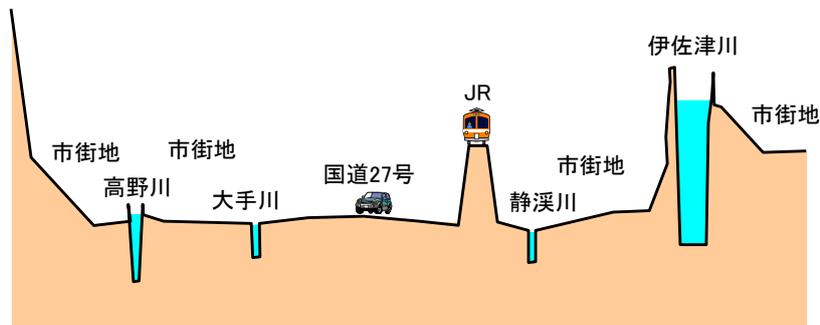


図-3 伊佐津川の横断図(イメージ)

3. 堤防点検

(1) 安全性検討箇所を選定

a) 一連区間の設定

安全性検討を効率的に実施するため一連区間を設定する。

本検討では堤防点検区間L=3,220mのうち、池内川合流部より下流の重要水防区域L=2,400m区間を一連区間①とし、池内川合流部より上流の800m区間を一連区間②とした。

b) 安全性検討箇所を選定のための調査

設定した一連区間を、既往の点検や調査の結果及び設計のための調査等にもとづき、堤防の安全性の検討を行う区間に細分した。本事業では、土質条件や被災履歴に関する調査、旧地形図による土地利用の変遷、破堤時の影響に関する調査を行った。

c) 安全性検討を行う細分区間の選定

背後地の状況、氾濫想定箇所の選定状況、旧河道の有無等から設定した。

d) 対策の優先順位について

下記3箇所について優先的に照査した。

細分区間①-2：基本断面形状が未確保で、背後に家屋が密集し氾濫想定箇所にも選定。

細分区間①-1：基本断面形状が確保されているが、その他の条件が①-2と同様。

細分区間①-4：基本断面形状は確保されているが、背後地に家屋が密集し洪水時に漏水の報告が有り。

e) 代表断面の設定

代表断面は堤内地盤高と堤防高の差が最も大きいなど、設計上厳しい条件にある箇所において設定した。

(2) 安全性検討

a) 照査のための調査

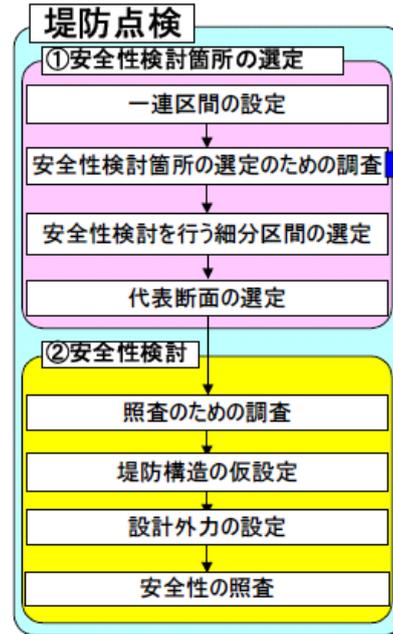


図-4 堤防点検の流れ

安全性の照査を行うために、所要の調査を実施する。調査は、代表断面を対象として、堤防の土質強度や浸透特性について把握するために、各箇所にもボーリング2本と、現場透水試験、室内土質試験（物理・三軸圧縮・室内透水試験）を実施した。

ここでは、川表遮水矢板工を実施することとなった①-4の代表断面のボーリング調査結果を図-5に示す。透水性の高い土層が堤防の基底面に連続する場合、水みちを形成し、堤防の安全性を損なう主要な要因となる。また堤防強化策の手法や規模にも影響をもたらす。このような観点から、Bg5層については、層の透水性や連続性について、堤体の川表、川裏の両末端で水位を観測し、詳細調査を行った。

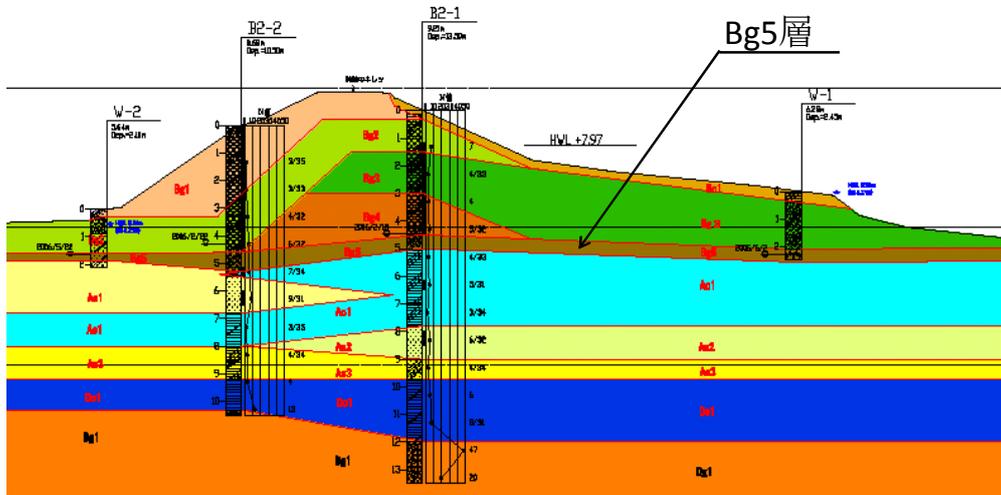


図-5 調査箇所①-4の代表断面の地層推定断面図

b) 安全性の照査

浸透に対する安全性照査として、洪水時のすべり破壊に対する安全性及び洪水時の基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性の2項目について実施する。それぞれの照査結果を表-1に示す。基本断面形状が確保されていないため、本堤防補強事業の対象外となった細分区間①-2以外では、①-4及び②-1においてパイピングに対する安全性が確保されていないことが分かった。

4. 堤防強化対策の選定・決定

計画高水位以下の水位に対して堤防が耐浸透機能に関する所要の安全性を確保するための堤防強化の手順を図-6に示す。また、工法の選定結果を表-2に示す。

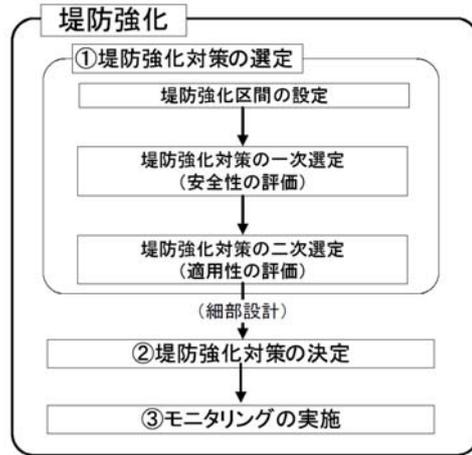


図-6 堤防強化の手順
「手引き」p.53より

(1) 一次選定

細分区間①-4では基礎地盤漏水が主要因のため、また、細分区間②-1は堤体漏水と基礎地盤漏水が複合的に発生しているため、両箇所では断面拡大工法は効果が期待できないと判断し、4工法を選定し、安全性照査を行った。

執行性、経済性、施工性等の比較から細分区間①-4では川表遮水工を選定した。細分区間②-1では単一工法ではドレーン工のみ安全性を確保できることとなったため、組合せ工法を検討し全面被覆工+川表遮水工が安全性を満足する結果となったが、経済性有利のためドレーン工を選定した。

(2) 二次選定

二次選定では、一次選定された強化対策について事業

表-1 安全性照査結果まとめ

一連区間	細分区	すべり破壊に対する照査結果				パイピング破壊に対する照査結果			
		裏のり		表のり		局所動水勾配		照査結果	
		照査基準値 n	最小安全率 Fs ≥ n	照査基準値 n	最小安全率 Fs ≥ n	照査基準値	i _h		i _v
①	①-1	1.44	1.95 (OK)	1.00	1.98 (OK)	i < 0.5	0.35	0.21	OK
	①-2	1.44	1.38 (NG)	1.00	2.09 (OK)	i < 0.5	1.27	0.68	NG
	①-3	1.44	1.57 (NG)	1.00	1.54 (OK)	i < 0.5	0.18	0.14	OK
	①-4	1.58	1.62 (OK)	1.00	2.27 (OK)	i < 0.5	2.74	2.83	NG
	①-5	1.44	1.55 (OK)	1.00	2.58 (OK)	i < 0.5	0.42	0.40	OK
	①-6								
②	②-1	1.58	1.70 (OK)	1.00	1.13 (OK)	i < 0.5	0.73	0.99	NG

表-2 対策工法の一次選定結果及び安全照査結果

一連区間	細分区	工法選定	照査項目	照査基準	現況	堤防強化対策						
						被覆工			組合せ工法			
						川表	全面被覆	ドレーン工	川表遮水工	川表被覆工 +川表遮水工	全面被覆工 +川表遮水工	
①	①-4	一次	局所動水勾配	鉛直方向	i < 0.5	2.83	2.99	3.02	0.03	0.00		
				水平方向		2.74	2.99	3.05	0.05	0.19		
		照査結果		×	×	×	○	○				
		施工性・経済性等		×	×	×	○	◎				
②	②-1	一次	局所動水勾配	鉛直方向	i < 0.5	0.99	0.97	0.81	0.34	0.8	0.76	0.48
				水平方向		0.73	0.72	0.62	0.46	0.63	0.61	0.37
		照査結果		×	×	×	○	×	×	○		
		施工性・経済性等		×	×	×	○	×	×	×		

6. 堤防補強工事

(1) 遮水矢板工

堤体漏水が確認されていることから緊急性を有したため、設計完了後の平成 19 年 8 月より部分的に施工に着手した。

川表遮水矢板の打設は上流から開始したが、転石の影響が見られ始め、ツボ掘りにより転石を撤去しながら打設を進めていたが、ツボ掘りの影響により堤防法面が崩壊や法肩付近のクラック(写真-2,3,4)が発生し、施工が不可能な状態となった。そのため、転石の分布状況について追加調査を行い、対応策を検討した。

ボーリング調査の結果、転石層は堤防の川側法尻直下に縦断的に連続して存在し、高水敷への平面的な広がりはないものと判断した。以上より、堤防安全性に対する対策工は川表遮水矢板工法とするが、転石が堤防法尻付近に存在すると考えられることから、矢板打設への影響を回避するため、遮水矢板打設法線を川側にシフトする計画とした(図-7)。シフト量は、転石や床堀による堤防への影響が無いよう、2.21m(矢板2枚分)とした。



写真-1 矢板打設状況



写真-2 堤防法面崩壊状況



写真-3 施工に伴う法肩付近のクラック



写真-4 転石 (Φ20cm~50cm)

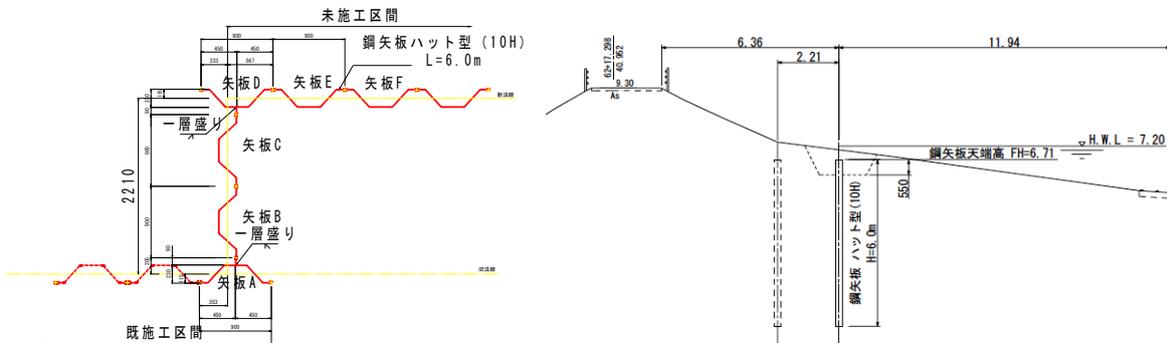


図-7 遮水矢板工法線変更における詳細図(左)及び横断面図(右)

(2) ドレーン工

a) 準備について

施工に先立ち、堤防に設置されていた古屋や樹木を撤去して頂くため、近隣の方への聞き込みや持ち主との立会いを行った。工事の時期・必要性等を説明し、着工前までに撤去して頂いた。

b) 工事中について

図-8 の横断面図に示すように、堤内地側に十分なスペースが無い箇所については、堤体を掘削することで工事中用道路を作成した(青色部)。堤体を埋め戻す際、含水比が高く、ワーカビリティが得られないことから、土質改良の必要があった。セメント改良を行った場合、川裏側の堤体の透水性を下げることになるため、購入土を混ぜ合わせることで対応した。堤体掘削後の地盤も非常

に緩く、不整地運搬車による資材の運搬を行った(写真-6)。

7. おわりに

工種は単純ではあったが、転石や工事中用道路といった課題について、慎重な検討を要することを改めて感じた。今後も、維持管理、経済性、施工性、環境面、現場に対する適用性を十分に検討し、適切な工法による河川整備の実施に努めて参りたい。

謝辞：本事業の設計から施工に於いて、ご指導ご協力いただきました関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

※ 本論文は著者の前所属(京都府中丹東土木事務所)の所掌内容を課題として作成したものである。

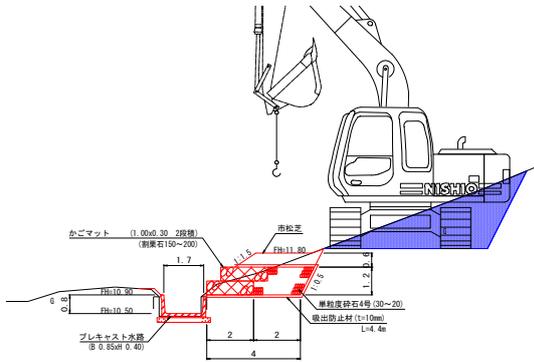


図-8 堤体補強工(ドレーン工)概要図



写真-6 実施状況



写真-5 ドレーン工施工前



写真-7 ドレーン工施工後