

千曲川堤防質的整備計画について

千曲川河川事務所 調査課 小飯塚哲郎

1. はじめに

千曲川では、平成18年7月の豪雨により、千曲川直轄管理区間下流の立ヶ花観測所において観測史上2位の水位（10.68m）に達し、計画高水位（10.75m）に迫る大きな洪水を記録した。これにより千曲川下流域である飯山市、中野市、須坂市を中心に千曲川堤防より約40箇所において漏水が発生し、水防団による月輪工法等の緊急的な水防活動を行ったところである。また、昭和57-58年出水で漏水対策として川表の遮水矢板が施工された箇所においても堤防からの漏水が発生したことが確認されている。

このような被災状況から、漏水現象を分析し、漏水機構を解明するとともに、強化が必要な区間の抽出、強化対策、整備優先順位などを検討し、効率的かつ効果的に計画的な整備を行っていくために千曲川堤防質的整備計画を検討したので、その内容について報告する。

2. 千曲川堤防の概要

千曲川堤防の特徴としては、堤体（堤防内部）及び基礎地盤が砂、砂礫から構成されており（図-2参照）、浸透に対して問題のある構造である。加えて、河川勾配が下流域では緩やかであることから洪水継続時間は長く、堤体内の浸潤線は高くなりやすい。

また、氾濫原では河道の蛇行が進行しやすい地形的特徴があり、その後の治水工事や洪水によって旧河道が取り残され、堤防からの行き止まり地盤形成により漏水が発生しやすい構造となっている。

3. 質的整備計画作成までの流れ

- ①千曲川の堤防詳細点検結果の整理と水防関係者から漏水に関する聞き取り調査の実施。
- ②①の結果整理から、堤防詳細点検結果と漏水実績の重ね合わせ及び漏水分布と地形地質、特に基礎地盤構成で問題とされる要注意地形(旧河道)との関連について整理を実施。
- ③千曲川における堤防の内部構造・基礎地盤構造を分析し堤防詳細点検結果から基本パターンをモデル化。
- ④漏水分布、地形・地質、堤防内部構造・基礎地盤構造から漏水機構解明及び要整備区間とそれぞれの漏水現象に対応した

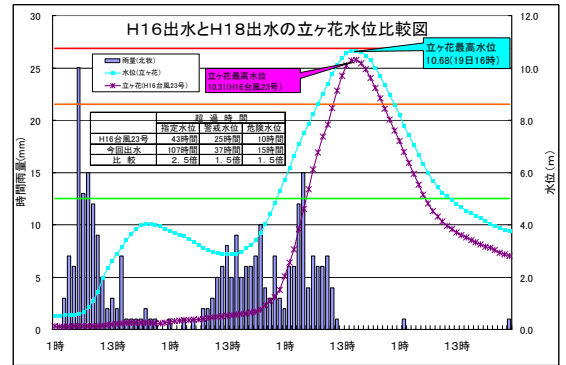


図-1 立ヶ花観測所水位・雨量の時系列(H18.7)



写真-1 平成18年7月出水状況と水防活動

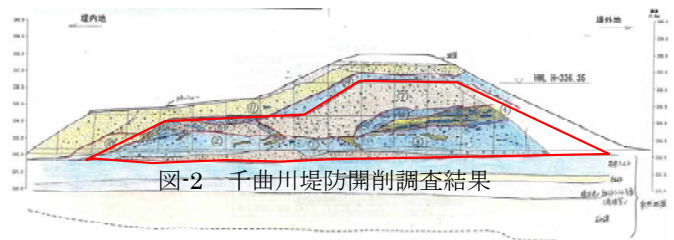


図-2 千曲川堤防開削調査結果

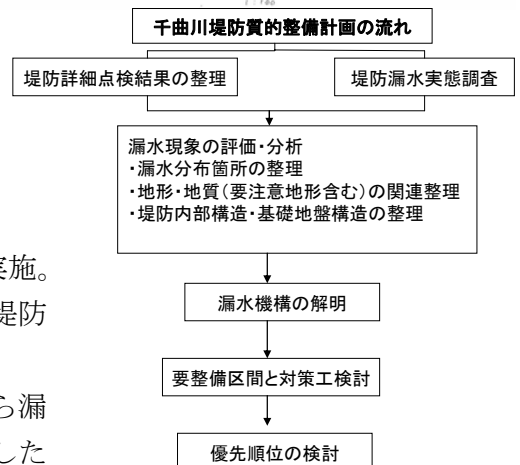


図-3 質的整備計画フロー

適切な対策工の立案。

- ⑤要整備区間を一連区間に細分化し、リスクマネジメントによる手法を用いた優先順位付け及び千曲川堤防質的整備計画を作成。

4. 漏水現象の評価・分析

4.1 漏水分布と地形地質・要注意地形との関連整理

千曲川堤防でこれまで発生した漏水箇所を詳細に旧河道等を判読した地形分類図に重ね合わせ、地形と漏水との関係を整理する。その結果、漏水箇所と旧河道の相関が顕著であることを確認した。

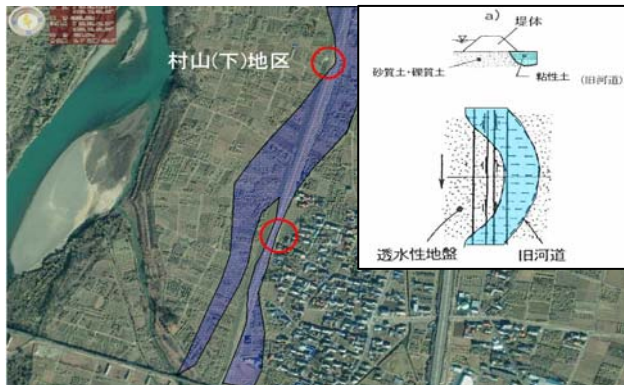


図-4 衛星写真と旧河道、漏水箇所

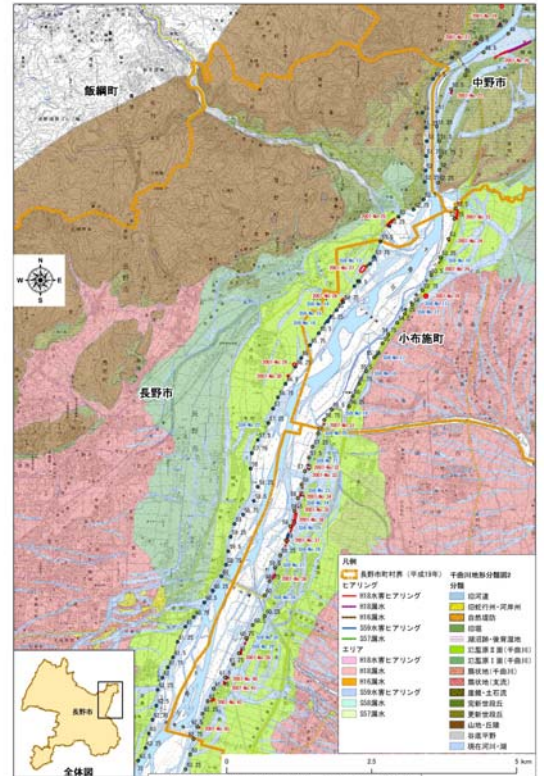


図-5 漏水箇所と地形分類図との重ね合わせ図

4.2 堤防内部構造・基礎地盤構造の整理

千曲川の基礎地盤は大きく2つに区分でき、千曲川距離標81km付近から上流では千曲川扇状地にあたり、地表面付近から砂礫が分布する。81km付近から下流では、千曲川の氾濫原であり、地表面に砂質土または粘性土が分布し、以深に砂礫が厚く分布する構成となっている。

築堤土質は、81km付近から上流では砂礫が主体、81kmより下流では砂質土・粘性土主体となっており、上流にあっては扇状地堆積物、下流にあっては氾濫原堆積物を反映した土質構成となっている。

4.3 漏水機構の解明と漏水パターン

堤防詳細点検結果と水防関係者への聞き取りによる漏水実態調査を地形分類図に重ね合わせて分析した結果以下の結論を導いた。

千曲川の漏水機構としては大きく4つに区分でき、さらに基盤漏水においては後述する以下の3つに細分化できる。

- ①基盤漏水：基盤漏水は、堤体が粘性土主体で基礎地盤が砂、砂礫主体の場合に発生する漏水。
- ②堤体漏水：堤体漏水は、堤体が砂質土の透水性材料で基礎地盤の粘性土が十分厚い場合に発生する漏水。
- ③堤体・基盤複合漏水：堤体・基盤複合漏水は、堤体が砂質土の透水性材料で基礎地盤が砂、砂礫

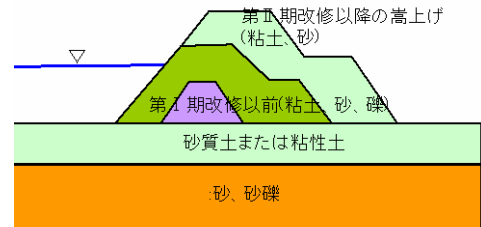


図-6 81km 付近から下流の堤防パターン

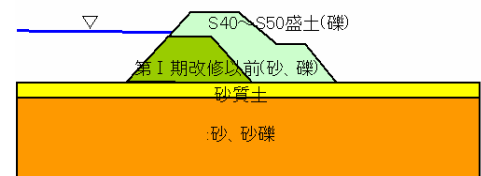


図-7 81km 付近から上流の堤防パターン

主体の場合に発生する漏水。

④常襲漏水：前述の①～③の漏水が度重なる漏水によってパイピング痕跡等の弱線部分が形成され度々漏水が発生する漏水。

なお、特に①基盤漏水は、以下に示すようにさらに3つに細分化できる。

イ)旧河道タイプ(前頁図-5 参照)

千曲川の漏水タイプは、その分布状況からほとんどが旧河道タイプである。旧河道部分の土質は粘性土が分布しており、「行き止まり地盤」となり、法尻部の圧力が高まり漏水が発生する。

ロ)扇状地複合タイプ

堤防と扇状地(微高地)に挟まれた低地(旧河道)が河川水と扇状地からの両方の水位の影響を受けて漏水が発生する。

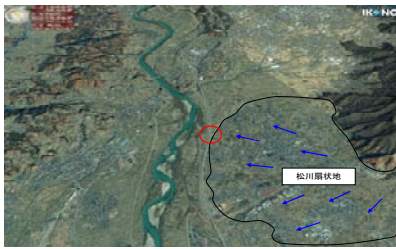


図-8 衛星写真と扇状地

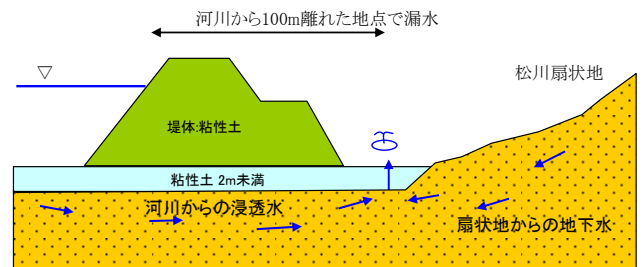


図-9 扇状地複合タイプの漏水

ハ)水みち漏水タイプ

水みち漏水は、堤体と基礎地盤に存在する弱線部分や基礎地盤中の軟弱な粘性土層を浸透し発生する漏水で、狭窄部付近で発生する。狭窄部上流でのせき上げによる流速低下で粘性土が緩い状態で沈降堆積する。この堆積する過程から粘性土層に多くの空隙が存在し、この空隙が水みちとなっていることが漏水発生の一因となっていると推定される。

5. 対策工の検討について

対策工を検討するにあたっては、上記の漏水パターンに区分し、堤防のモデル化に際し、漏水タイプ毎に川表側優先の対策か川裏側優先の対策かの検討を行い維持管理、経済性、施工性等から適切な工法を検討・選定した。

6. 堤防安全度評価

堤防詳細点検にて個別に算出しているすべり解析、パイピング検討についてその具体的内容に着目し、堤防全体としての安全度について一連区間毎に評価を行った。

堤防の破壊現象を時系列的に整理し、破壊が進行する要因を組み合わせることで定量的な評価を行い、結果として堤防の安定度を5段階に区分した。

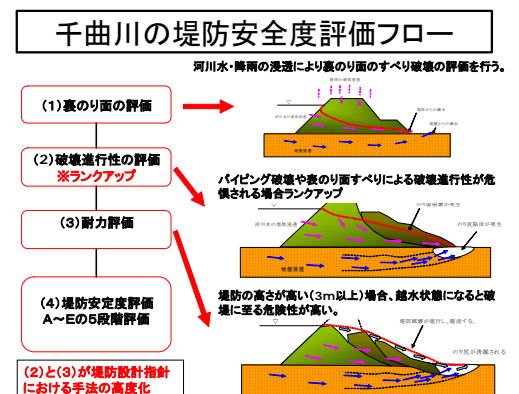


図-10 堤防安全度評価フロー

7. 質的整備優先順位の検討

今後堤防の質的な整備を進めるに際し、リスクマネジメントにもとづいた評価から一連区間毎に優先順位を決定することとした。リスクの大きさは、発生確率×被害規模で評価を行った。

発生確率については、「漏水の発生のしやすさ」として、堤防安全度評価と堤防漏水常襲地を考慮し、「河川水位の上昇のしやすさ」として、流下能力と狭窄部による水位上昇を考慮して重み付けを行った。

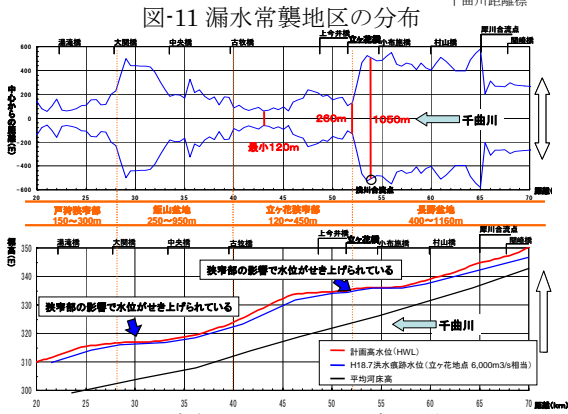
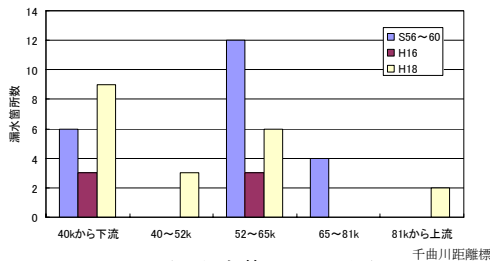


図-12 狭窄部によるせき上げの影響区間

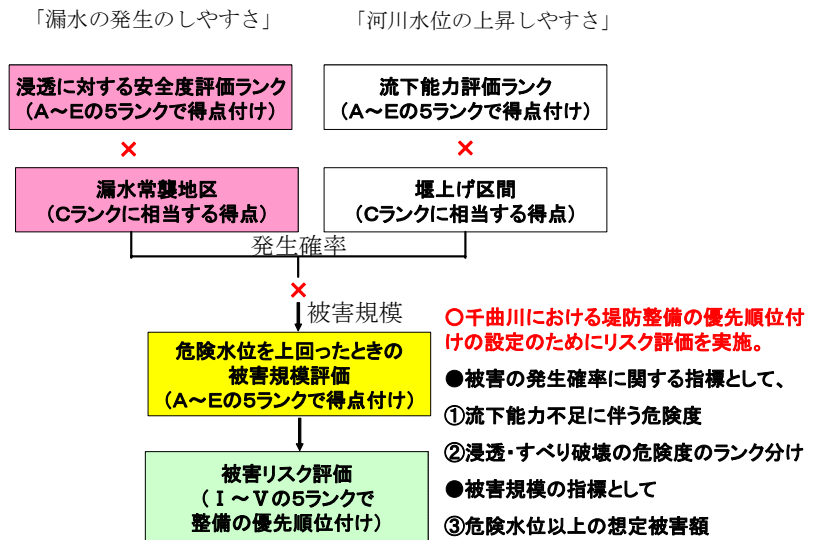


図-13 堤防質的整備優先順位の検討フロー

8. 考察及びまとめ

現在、実施中の堤防点検詳細結果と千曲川においては実現象として数多く確認されている堤防漏現象の水防関係者への聞き取り結果を基に、分析評価を行い、漏水現象を解明し、堤体と基礎地盤の土質構成及び地形や漏水頻度からパターン毎に区分を行った。

その結果、堤防の土質構成、周辺の地形（扇状地）や旧河道の存在からなる漏水パターンを判別した。この漏水パターンの判別により漏水タイプ毎に川表・川裏の両方の側面から、それぞれ優先して対策を講じる必要があることが確認できた。

また、堤防詳細点検による手法では、解明できない形態である水みち漏水などは、実際の漏水現象として注意が必要であることも判明した。

次に、堤防詳細点検にて個別に算出しているすべり解析、パイピング検討についてその具体的内容に着目し、堤防全体としての安全度についてランク分けする手法を立案した。これにより、堤防整備を行うに際し、一連区間毎での相対的な評価が可能となり、堤防の強度耐力評価からその優先度について効率的に整備が可能となるものと期待される。

堤防の質的整備計画としては、要対策区間を抽出し、強化対策工法を立案し、その優先順位を計画した。今回、本計画においては、優先順位を検討するにあたって、リスクマネジメントによる評価手法により千曲川直轄管理区間のランク分けを行った。また今後、さらに詳細な優先順位の細分化を行う上で、避難のしやすさなども有効な手法として付け加えた。

9. おわりに

千曲川の堤防は、堤防の土質の不均一さ、施工技術の未熟な時代の堤防、旧河道による行き止まり地盤の存在その他により約6割が照査基準値未満の判定であり、整備を短期間で全てについて行うことは困難である。整備を行うにあたっては、優先順位を考慮し、現状の強度耐力を評価した中で量的・質的の両面から適切な対策を講じていかなければならない。また、ソフト的な観点からは、現在公表している堤防詳細点検結果は、堤防照査基準値に対してそれ以上か未満かの判定であり、照査基準値未満の堤防の具体的評価については公表していない。

今後は、照査値未満という堤防の評価だけでなく、堤防として個別具体の強度耐力評価についても、水防管理団体等との情報共有を行っていく必要があると考える。