

### 1.3 堤防システムの浸透安全性・耐震性評価技術に関する研究②

研究予算：運営費交付金（一般勘定）  
 研究期間：平 23～平 27  
 担当チーム：地質・地盤研究グループ（地質）  
 研究担当者：佐々木靖人・品川俊介・日外勝仁

#### 【要旨】

本研究は、基礎地盤の浸透安全性の評価のため、河川堤防基礎地盤を効率的かつ詳細に調査する手法を検討している。26年度は基礎地盤に起因する浸透安全性に関し、地形と計画高水位時の平均動水勾配を用いた概略評価指標を検討した。3河川で検証を行ったところ、平均動水勾配だけで評価する場合より、より詳細評価の検討が必要な箇所を絞り込めることが分かった。

キーワード：河川堤防基礎地盤、地形種、平均動水勾配、概略評価

#### 1. はじめに

河川堤防の洪水時の浸透安全性、地震発生後の治水機能の保持は、水災害に対する防災上重要であることから、全国の直轄河川堤防について点検を実施したところ、安全性の不足する箇所が相当の割合で存在することがわかってきた。そのような中、コスト縮減が求められる中、優先順位をつけてより効率的・効果的に堤防整備・管理を行い、浸透・地震に対する安全性を向上させることが必要である。

一方で、堤防は長い歴史の中で多様な基礎地盤上に構築されてきた複雑な土構造物であり、さらに約1万4千箇所にも及ぶ樋門・樋管などの多数の堤防横断構造物を内在するものである。したがって、堤防、構造物、基礎地盤が相互に関係し、弱点部の安全性が堤防全体の安全性を決定する。

そのため、個別に行われてきた基礎地盤も含めた堤防と付随する樋門・樋管等の構造物の浸透安全性・耐震性をシステムとして同列に評価することが必要である。

本研究では、堤防および構造物周辺堤防の被災メカニズムの解明、堤防基礎地盤の複雑性を考慮した合理的調査方法の提案を行い、最終的に河川堤防をシステムとして浸透安全性・耐震性を評価する技術の提案を目指している。地質チームでは、特に基礎地盤の浸透安全性の評価について検討を行うこととしている。

本年度は、連続的、あるいは任意の場所で取得可能なデータを用いた、新たな堤防基礎地盤の浸透安全性概略評価手法の検討を行った。

#### 2. 新たな堤防基礎地盤の浸透安全性概略評価手法の検討

##### 2.1 堤防安全性概略評価の課題と検討内容

河川堤防の浸透に関する概略評価は、次のように実施されている。まず、堤防区間についての地形、堤体土質、基礎地盤土質、堤防の平均動水勾配および洪水継続時間の属性に基づき、これらの属性がおおむね等質である一連区間に堤防を分割する。そして分割したそれぞれの一連区間について、定められた方法により、4ランクの安全性評価区分を行う<sup>1)</sup> (図1)。

概略評価に用いる地質（土質）情報は、既存のボーリングデータを基に作成されるが、一般に調査密度が少なく、データ精度に課題がある。

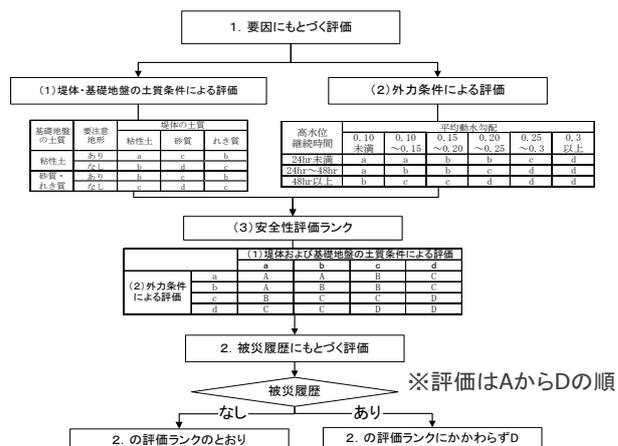


図-1 河川堤防の浸透に対する安全性概略評価<sup>1)</sup>

一方、地形情報は面的データとして存在している。また、地形と表層地質（基礎地盤土質）とは、地形と

地質の成り立ちに基づけば、ある程度関係があると推測される。実際に、天竜川下流部における検討結果<sup>2)</sup>では一定深度までの地質と地形との関係が認められた。

一方、堤体土質については地形的な推定は困難であり、ボーリング調査などの手法と物理探査手法による必要がある。

計画高水位時における堤防の平均動水勾配に関しては、航空レーザーデータの利用によって任意の地点に関してデータの取得が可能である。

高水位継続時間に関しては、近接した区間では大きな違いはないと考えられる。堤防の浸透による被災は、近接した区間の中の相対的な弱部で発生すると考えられることから、高水位継続時間は堤防の弱点箇所抽出においてはあまり重要でないと考えられる。

上記を踏まえ、本研究においては基礎地盤に起因する浸透安全性評価に焦点を絞り、地形と計画高水位時の平均動水勾配を用いた概略評価指標を検討した。

## 2.2 被災履歴に基づく新たな堤防基礎地盤浸透安全性評価指標の開発

### 2.2.1 検討方法

浸透破壊の原理から、透水性の高い地質は一般に浸透安全性が低いと考えられる。地形と表層地質は一定の関係がある<sup>2)</sup>ので、地形は地質の代替指標として利用できると考えられる。ただし、地形と地質との関係は1対1対応するものではなく、河川毎に、あるいは同一河川においても上流と下流ではその関係が異なる。

本研究では地形と基盤漏水被災履歴との関係を分析し、単一の河川において地形種ごとの被災のし易さを「被災度」<sup>3)</sup>として指標化し、この被災度を堤防基礎地盤浸透安全性の評価指標の1つとして用いることとする。すなわち、河川毎に「被災しやすい地形」を分析し、それを「被災しやすい地質」と読み替えることとする。

地形種 M の被災度  $D_M$  は、以下の式で定義する。

$$D_M = \frac{L_M}{L_{Total} \times A_M}$$

ただし、

$L_{Total}$  : 被災総延長 [km]

$L_M$  : 地形種 M の被災延長 [km]

$A_M$  : 地形種 M の出現率

被災度が 1 を超える地形種は、被災があった地形種の中で相対的に被災しやすい地形と見なされる。ただし、被災がなかった地形に関しては被災度が 0 となる。

また、浸透のポテンシャルについては解析で通常用いられる局所動水勾配の代わりに、計画高水位時の平均動水勾配を用いる。

地形種別の基盤漏水に関する被災度と計画高水位時の平均動水勾配の、2つの指標を X-Y 座標上にプロットし、漏水被災履歴の有無が X-Y 座標上にどのように分布するかを分析し、被災履歴をうまく抽出できる方法を検討した。

なお各種データは、河川堤防沿いにおおむね 100m ピッチで取得し、検討に用いた。

### 2.2.2 検討資料

本研究では、米代川(0~40k)、子吉川(0~24k)および天竜川(0~29k)を対象とした。

地形に関しては、土木研究所で作成した地形分類図(GIS データ)を用いた。

堤防被災履歴に関しては、国土交通省の各事務所提供の資料を用いた。

平均動水勾配の算出にあたっては、国土交通省の各事務所提供の、距離杭ごとの座標値、計画高水位の情報、および航空レーザーデータを用いた。

### 2.2.3 基盤漏水に関する被災度の算出

基盤漏水に関する被災度の算出にあたっては、各河川毎に可能な限り詳細な地形区分を用いた地形分類図を用いた。そのため、各河川の地形区分は若干異なる。

各河川の基盤漏水被災度を表-1~3 に示す。

表-1 米代川の基盤漏水被災度

	ポイント /km	旧河道	砂丘	自然堤防	谷底平野	低位段丘 I	低位段丘 II	氾濫原	被災総延長 (×100m) $L_{Total}$	総延長 (×100m) $E_{Total}$
基盤漏水被災 延長 (×100m) $L_M$	8	0	0	0	0	0	4	19	31	-
地形種ごとの 延長 (×100m) $E_M$	103	36	8	13	5	19	11	270	-	465
地形出現率 $A_M = E_M / E_{Total}$	0.222	0.077	0.017	0.028	0.011	0.041	0.024	0.581	-	-
基盤漏水 被災度 $D_M = L_M / L_{Total} / A_M$	1.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.455	1.056	-	-

表-2 子吉川の基盤漏水被災度

	旧河道 (不明瞭)	旧河道 (明瞭)	自然堤防	谷底平野	低位段丘 I	低位段丘 II	氾濫原	被災総延長 (×100m) $L_{Total}$	総延長 (×100m) $E_{Total}$
基盤漏水被災 延長 (×100m) $L_M$	0	1	4	0	0	0	5	10	-
地形種ごとの 延長 (×100m) $E_M$	9	6	58	2	2	35	195	-	307
地形出現率 $A_M = E_M / E_{Total}$	0.029	0.019	0.188	0.006	0.006	0.113	0.631	-	-
基盤漏水 被災度 $D_M = L_M / L_{Total} / A_M$	0.000	5.150	2.131	0.000	0.000	0.000	0.792	-	-

表-3 天竜川の基盤漏水被災度

	旧流路 (古地図 無)	旧流路 (古地図 有)	現況 河川敷	自然堤防	台地、 丘陵地、 山地	中州性 微高地	氾濫原	被災総延長 (×100m) $L_{Total}$	総延長 (×100m) $E_{Total}$
基盤漏水被災 延長 (×100m) $L_M$	6	4	0	8	0	0	17	35	-
地形種ごとの 延長 (×100m) $E_M$	98	71	5	79	7	96	149	-	505
地形出現率 $A_M = E_M / E_{Total}$	0.194	0.141	0.010	0.156	0.014	0.190	0.295	-	-
基盤漏水 被災度 $D_M = L_M / L_{Total} / A_M$	0.883	0.813	0.000	1.461	0.000	0.000	1.646	-	-

### 2.2.4 計画高水位時の平均動水勾配の算出

平均動水勾配の取得は、次の様に行った。

- ①航空レーザー測量データ(2mDEM)に 100m 間隔で河川法線に直交する方向の計測断面を設定し、その断面における川面のり尻一と川裏のり尻位置との距離 (L) を計算した。
- ②その断面上の計画高水位を内挿計算によって求め、川裏のり尻標高との差分 ( $\Delta H$ ) を求めた。
- ③  $\Delta H$  を L で除した値を計画高水位時の平均動水勾配とした。

### 2.2.5 分析

地形種別の基盤漏水に関する被災度と計画高水位時の平均動水勾配の、2つの指標を X-Y 座標上にプロットした (図-2)。なお、本図では基盤漏水の被災の有無を分けて表示した。

米代川、天竜川については、被災度が高い地形種ほど、低い平均動水勾配でも被災が起こり、また平均動水勾配が大きいほど被災しやすい傾向が明瞭に認められた。図中の赤色で示す破線より原点よりの領域の地点、および被災度が 0 の地形種に関しては、被災の実績がないことから、詳細評価の検討が不要な地点とすることができるであろう。

上記の方法は、仮に平均動水勾配だけで概略評価を行おうとした場合より、詳細評価の検討が必要な箇所数が大幅に減らせることから、本方法は概略評価に有効であると考えられる。

一方、子吉川については被災度によらず、平均動水勾配が一定より大きい箇所でも被災が散見された。その原因として、①子吉川については被災箇所数が少ないために傾向が認めにくい、②子吉川の地盤の性状が地形種ごとにさほど変わらないため、地形種ごとの違いが不明瞭になっているなどの仮説が考えられる。

一般に、河川堤防の被災事例は多くないことから、これらの分析においてはその信頼性が課題となる。今後は分析事例を増やすと、河川のタイプによってその傾向が変わるのかなどなどの検証ができるものと考ええる。

### 3. まとめ

基礎地盤に起因する浸透安全性に関し、地形と計画高水位時の平均動水勾配を用いた概略評価指標を検討した。3 河川で検証を行ったところ、2 河川については平均動水勾配だけで評価する場合より、より詳細評価の検討が必要な箇所を絞り込めることが分かった。

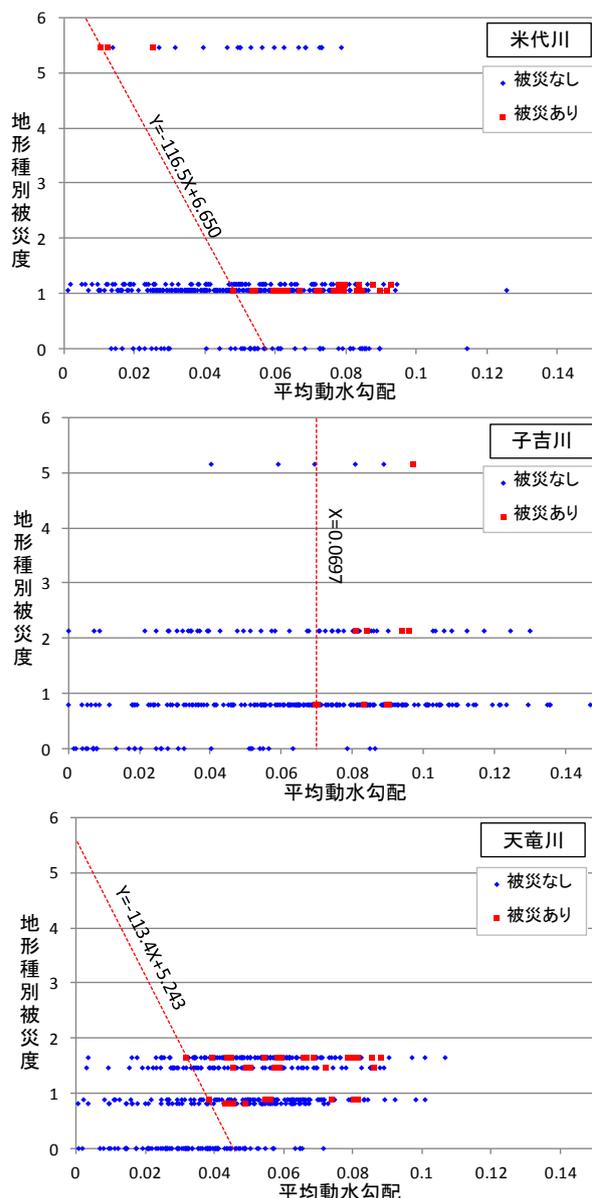


図-2 堤防基礎地盤漏水被災と評価指標との関係 (上：米代川、中：子吉川、下：天竜川)

### 参考文献

- 1) 国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き、192p.,2002
- 2) 品川俊介, 佐々木靖人, 日外勝仁：平野の河川周辺における地形と表層地質との対応関係、平成 26 年度研究発表会公園論文集, 日本応用地質学会. pp.87-88, 2014
- 3) 品川俊介：河川堤防周辺の地形と堤防被災との関係—河川堤防の概略点検結果から分かること—。土木技術資料, Vol.50, No.12, pp.43-44, 2008

**An evaluation technique of permeation safety and earthquake-resistance of river levee system.②**

**Budgeted** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Geology and Geotechnical  
Engineering Research Group  
(Geology)

**Author** : SASAKI Yasuhito

SHINAGAWA Shunsuke

AGUI Katuhito

**Abstract:** The purpose of the study is the development of effective and detailed method for evaluating the foundation of river embankment, especially for ground seepage failure.

In 2014FY, initial assessment index was considered for safeness against ground seepage failure using type of landforms and mean hydraulic gradient was considered. The results of verification using the data of three rivers clarified that new method is suitable to narrow down the sites need to do detailed assessment.

**Key words:** Foundation of river embankment, Type of landforms, Mean hydraulic gradient, Initial assessment