

# 堤防モデルの整備について ～点検技術伝承の手立て～

工藤 愛樹

関東地方整備局 関東維持管理技術センター 関東技術事務所 維持管理技術課

(〒270-2218 千葉県松戸市五香西6-12-1)

現：利根川上流河川事務所 調査課

河川の現場では、堤防等河川管理施設の点検が目視により行われており、洪水等による被災原因にもなりうる変状を発見し、求められる機能の状態を評価し、適切な対策を行うこととされている。一方、河川の維持管理技術は基準化が難しい「経験と伝承の技術」とされており、点検の技術を学び効率的に伝承していく仕組みが必要である。本稿では、2017年度から2019年度に関東技術事務所で検討した実物大堤防「堤防モデル」の整備について、そのねらいと整備内容等について報告する。堤防モデルは、3つの状況設定と12種の変状の再現を行ったことを特色とし、変状をきたす背景や進行の過程に対する知識の習得を図ることをねらいとしている。

キーワード 堤防点検、点検技術、技術継承、模型、テキスト作成

## 1. はじめに

河川管理施設等の老朽化の進展、維持管理に関する社会的な関心の高まりを背景に、2013年、河川法の一部改正により、河川管理施設等を適切に維持・修繕することが義務化された。一方では、河川の維持管理は、基準化が進んでも依然として現場での経験に基づいた適切な判断を必要とするが、豊富な経験を有する技術者の確保が困難になりつつある。

このような状況への危機意識の高まりから、2015年度からは河川維持管理技術者資格制度が創設され、「河川維持管理技術者」、「河川点検士」資格の試験が開始され、河川の管理の特質を理解し管理水準を維持する仕組みの構築が進められている。

各地整等においては職員・地方公共団体職員を対象とした堤防等河川管理施設の点検・評価のカリキュラムを取り込んだ研修・実習が実施されており、当事務所では関東地整主催の点検・評価研修において、2016年度から河川維持管理データベース（RiMaDIS（リマディス））を活用した実習の支援を行ってきた。

この実習では、研修生が座学で河川管理施設における点検・評価要領<sup>1)</sup>等に沿って各施設の特徴や施設の健全性判断基準について学んだ後、近隣河川の現場でタブレット端末を持って歩き、各自で発見した堤防や護岸等

の変状をデータベースに登録し、措置の必要性の判断を行うものであり、点検・評価手法と点検記録の保存について学ぶカリキュラムとなっている。

研修生の基礎的知識の定着には、要領等と実習の組み合わせをもとに体系的に学ぶことが最も効率的であるが、さらに得られた知識を実際の河川管理の現場で使える応用力に高めるためには、所管する河川の特質について考え、たとえば河川や堤防の形状から劣化しやすい箇所を想像できるような感覚をいかに習得するかということが課題となる。

2014年度、近畿地方整備局近畿技術事務所において、実物大の堤防模型「不具合堤防」を実習に取り入れた例が報告されている<sup>2)</sup>。この不具合堤防は、「実際に見て・触れて・理解を深める」をコンセプトとして、堤防の法崩れ・護岸の沈下・排水樋管の鉄筋露出等を実物大の堤防模型に再現した施設である。実際の堤防では変状箇所は広範囲に点在していること、発見した変状箇所は速やかに補修されてしまうなど、点検実習を効率的に行う場の準備が難しい状況の中、点検技術の向上に資する取り組みとして評価されている。

本稿では、近畿技術事務所の不具合堤防を参考に、2017年度から2019年度に当事務所で検討した実物大堤防「堤防モデル」の整備について、そのねらいと整備内容等について報告する。本検討で整備した堤防モデルは、

堤防・護岸における「変状発生の背景・要因の理解」、  
「機能が劣化する過程の理解」及び「望ましくない頂上  
現象（破堤）」に着目し、3つの状況設定と12種の変状  
の再現を行った。これにより、再現した変状から、変状  
をきたす背景や劣化が進行する過程に対する知識を習得  
してもらい、研修生が現場に戻り、自身が点検して確認  
した変状に対し、その原因や劣化の過程を想像し、施設  
の健全性や補修の判断に応用する経験につなげること、  
もって堤防・護岸における点検技術の向上と、効率的な  
維持管理に反映されることをねらいとしている。

## 2. 堤防モデルに再現する変状の選定

堤防モデルに再現する変状は、実際の堤防に生じて  
いる変状を踏まえるとともに、堤防モデルが、点検技  
術において重要な視点を発信する教材となるよう配慮  
した。

### (1) 変状事例の収集・分析

実際の堤防に生じている変状を踏まえるため、堤防  
の変状事例を収集し、「確認数の多い変状」を抽出し  
た。また、当該変状を放置することで状態が拡大・進  
行し、最悪の場合破堤につながる懸念がある「重要な  
変状（越水、浸透、浸食、護岸倒壊、樋管周りの漏水）」  
についても抽出を行った。

変状事例の資料は、『堤防等河川管理施設及び河道  
の点検要領』に基づき関東地整管内及び関東を含む全  
国で実施された平成28年度出水期前の堤防点検デー  
タを使用した。関東地整管内で確認された変状箇所の割  
合は、土堤に関する変状が73%、護岸が17%、その他  
が3%程度となり、土堤に関する変状数が最も多く報告  
されていることがわかった。

### (2) 教材としての堤防モデルのあり方と再現する変状

点検技術の視点を伝える教材として堤防モデルを考え  
たとき、堤防・護岸がどのようなところから壊れ、どの  
ように劣化が進むのかというプロセスを、目に見えにく  
い構造部分の情報も含めて発信する役割を担うと考えら  
れる。そこで、下記の3つの点に着目し、再現する変状  
を決定した。

- 着目点① 護岸基礎工が安定性を欠くことによる変状  
発生の過程を表現すること
- 着目点② 軟弱地盤上の沈下等で堤防が変形し変状が  
発生する過程を表現すること
- 着目点③ 堤防の最も望ましくない頂上事象として  
「破堤」を表現すること

着目点①については、主な護岸の機能低下の形態のう  
ち、河床が出水時に流水の洗掘作用を受けることにより

基礎工が支持力を失い、のり覆い工（張りブロック）に  
変状が生じた様子を再現するものである。これにより、  
護岸の機能低下の予兆を把握するため、のり覆い工、基  
礎工、根固工それぞれの変状が護岸の機能低下につな  
がることをイメージするねらいがある。基礎工の形式は、  
目視で確認がしやすい矢板基礎を採用することとした。  
再現する変状イメージと、発生過程の説明を図-1に示す。

着目点②については、堤体の圧密や軟弱地盤上の基  
礎地盤の圧密沈下等の要因で、時間の経過とともに堤  
防が計画した断面形状と異なる形状となることに主眼  
を置き、寺勾配化と護岸の沈下・空洞化を再現するも  
のである。これにより、堤体や基礎地盤の地質特性、  
堤防の変形による変状の発生過程、及び雨水の浸透を  
助長することにより、すべりに対して安定性が低下す  
る点を考えるというねらいがある。断面形状を確認し  
やすくするため、配置は堤防モデル端部の横断面周辺  
とし、築堤履歴断面と合わせて再現した。再現する変  
状イメージと、発生過程の説明を図-2に示す。

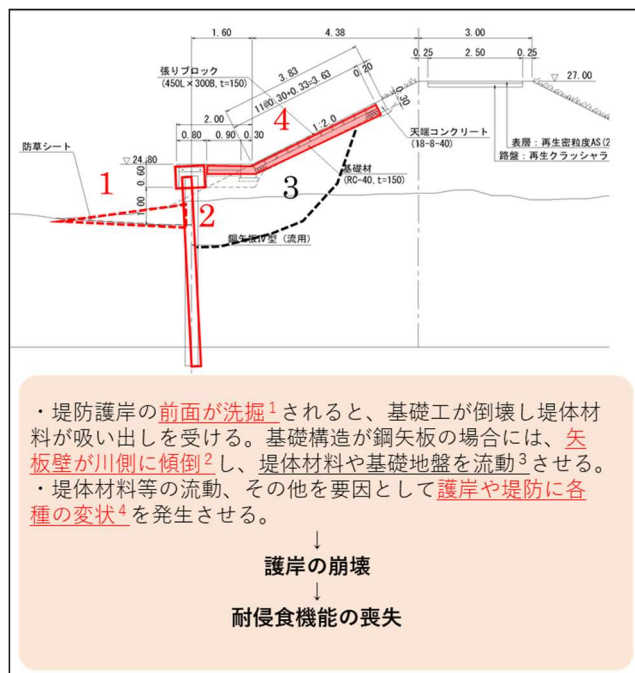


図-1 鋼矢板護岸に生じる変状イメージと発生過程の説明

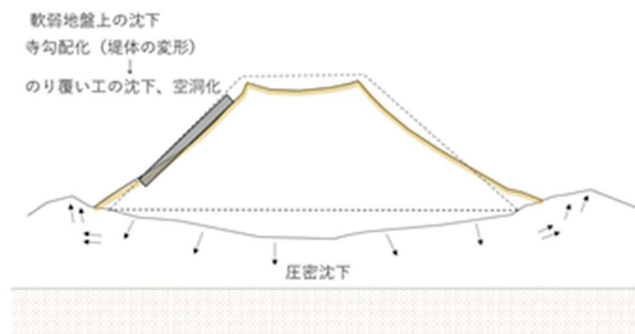


図-2 軟弱地盤上の沈下イメージと発生過程の説明

着目点③については、堤体の大部分が欠損し「越水防止機能」を大きく損なった堤防の状態を再現することにより、望ましくない頂上事象である破堤を引き起こす要因や、河川水が堤内地に流出することによって起こる被害について考えてもらうというねらいがある。また、後述する研修用テキストで洪水により破堤した箇所の破堤原因とその割合を学ぶことができる。

選定（再現）した変状と、着目点毎に設定した状況設定を表-1に示す。

### (3) 変状の配置

変状の配置は、(2)の着目点毎にゾーンを設定し、配置するものとした。各ゾーンの配置を図-3、変状を再現した堤防モデルの写真を写真-1、2に示す。

## 3. 意見交換会の開催

堤防モデルを、点検技術を継承する際の教材として有効なものとするためには、指導者のニーズ等の把握が必要である。このため、2018年12月に研修講師及び技術エキスパート河川管理部会との意見交換会を行い、再現する変状の選定や研修における活用方法について意見及び助言を受けた。（写真-3）

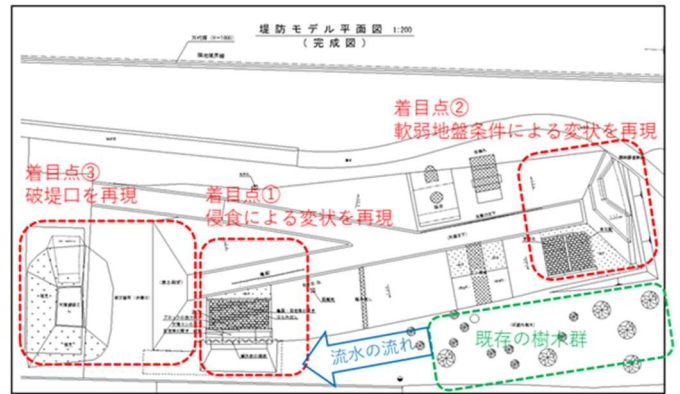


図-3 各ゾーン（状況設定）の位置づけ



写真-1 堤防モデル（全景）

施設区分	機能	機能低下の状況	変状種別	再現変状
土堤	・越水防止機能 ・耐浸透機能 ・耐侵食機能	・沈下 ・すべり破壊 ・パイピングの発生 ・侵食 等	①亀裂	○
			②陥没や不陸	○
			③法崩れ	○
			④沈下	○
			⑤堤脚保工の変形	-
			⑥はらみ出し	-
			⑦寺勾配	○
			⑧モグラ等の小動物の穴	-
			⑨排水不良	-
			⑩樹木の侵入	○
			⑪侵食（ガリ）・植生異常	○
			⑫漏水・噴砂	-
護岸 （堤防護岸、 高水護岸、 低水護岸）	・耐浸透機能 ・耐侵食機能	・護岸の損壊 ・漏水の発生 等	⑬護岸の破損	○
			⑭はらみ出し	○
			⑮基礎部の洗掘	-
			⑯端部の侵食	-
特殊堤・ 高潮堤防	・耐浸透機能 ・耐侵食機能 ・越水防止機能 ・土留め機能	・本体の破損 等	⑰本体の破損	-
			⑱接合部の変形・破断	-
鋼矢板護岸	・耐侵食機能 ・土留め機能	・鋼矢板及び笠コンクリート等の傾倒 ・鋼矢板護岸からの吸い出し（漏水） 等	⑲鋼矢板の変形、はらみ出し、破損	○
			⑳鋼矢板の腐食（サビ、孔、肉厚の減少）	-
			㉑鋼矢板継手部の開き、欠損	-
			㉒背後地盤の沈下、陥没	○
			㉓笠コンクリートの変形、破断	○
その他（状況設定）			被災箇所の造成（破堤口）	○
			偏流に起因する護岸基礎の侵食	○
			軟弱地盤条件（開削調査断面）	○

表-1 再現変状一覧



写真-2 偏流に起因する護岸基礎の侵食



写真-3 意見交換会（於 関東技術事務所）

#### 4. 研修テキストの作成

研修テキストは、河川構造物の劣化（破堤まで）の因果関係を示す「F T (Fault Tree) 図」を活用するものとした。F T図は、対象となるシステムの望ましくない結果を頂上事象とし、その原因を階層的に上位から下位のレベルまで順次展開して因果関係を結んだ樹木状の論理展開図のことである。既往の研究<sup>3)</sup>において、河川構造物の劣化（破堤まで）の因果関係を示す展開図が作成されている。この成果を活用することにより、点検技術を習得することに対して下記の点で有用であると考えている。

- ① 堤防や護岸に変状を発生させる多様な背景・要因についての知識を得ることができる
- ② 変状が進行し堤防・護岸の機能が劣化する過程についての知識を得ることができる
- ③ 破堤原因や変状に、実績の数字（破堤の要因別割合や、点検で発見した変状件数等）を重ねることで、主要な被災形態や目視点検結果の傾向を知ることができる

F T図による、劣化の背景と進行の過程の説明イメージを、図-4に示す。

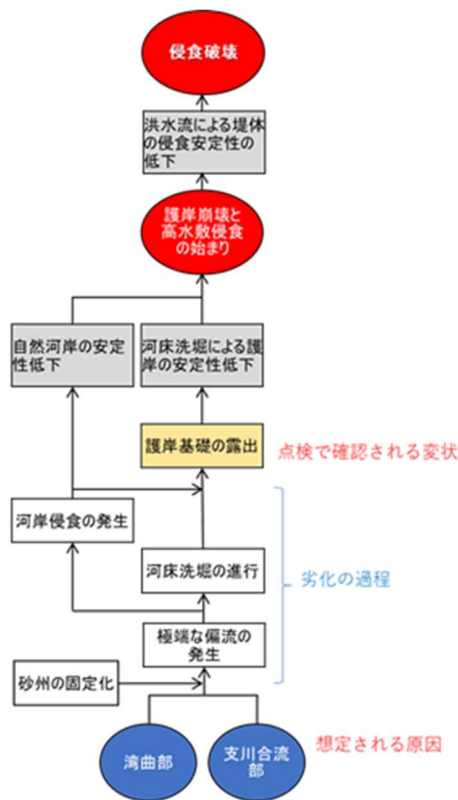


図-4 F T図による劣化の背景と進行の過程  
説明イメージ（侵食による護岸の変状）

#### 5. まとめ

本検討で整備した堤防モデル及び研修テキストは、堤防・護岸における点検技術の要点として、「変状発生の背景・要因の理解」、「機能が劣化する過程の理解」と「望ましくない頂上現象（破堤）」に着目したことが最大の特徴である。「現場を経験して学ぶ」、「先輩の背中を見て学ぶ」という機会や時間は、今必ずしも皆が十分に得ることができない中、実際に形として目の前にあるモデルと、河川構造物の劣化の因果関係を合理的に伝達できる、いわば地図のような役割を持つF T図を介してのやりとりが、点検技術伝承の手立ての一つとして有効であると考えている。

本堤防モデルは、点検技術研修の他にも、災害調査研修やICT技術による計測技術研修にも活用する予定である。現場の様々な管理に資する教材として継続的に活用されるよう、施設の維持と活用用途の拡大に努めていく必要がある。

#### 6. おわりに

謝辞：不具合堤防の整備の先駆けである近畿技術事務所の皆様、河川部河川管理課をはじめとした研修講師の皆様、技術エキスパート河川管理部会の皆様には、意見交換会等を通じて重要な情報と貴重な助言をいただきました。また、堤防モデルの整備を行ったエンジニアの方々には、創意工夫をもって携わっていただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室：堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領（2019年4月）、堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領参考資料（2019年4月）
- 2) 前田 竜治（2017）研修用”不具合”堤防を活用した点検評価技術向上について  
<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/theses/2017/pdf04/bousai-11.pdf>
- 3) 安原・関・河崎・山本・鈴木・昆（2015）河川の機能低下と維持管理の基本的な特性についての考察、河川技術論文集、第21巻、pp283-288 河川システムの機能低下に関する「FT図」：〔安原・関・河崎・山本・鈴木・昆；河川の機能低下と維持管理の基本的な特性についての考察、河川技術論文集、第21巻〕