

点検用疑似堤防（仮称）の整備検討

1. 調査目的

河川堤防の点検は、年2回程度職員による目視点検を行っているが、職員の中には河川管理の経験が浅く堤防等の変状を見落とす可能性があるため、事前に変状を見極めるためのスキルを養っておく必要がある。しかし、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、点検の実習に活用する場がなかなか見つからない。また、若い技術者への点検技術の伝承とスキルの向上について、研修を実施していく必要がある。

本調査の目的は、堤防等の代表的な変状を分かりやすく再現した実物大堤防を製作し、これを利用して河川維持管理データベース（R i M a D I S（リマディス））を活用した点検実習等を行うことで、堤防の点検技術の向上を図り、もって効率的な河川維持管理を目指すものである。

2. 過去の経緯

平成29年度は、点検用疑似堤防（以下、「堤防モデル」と呼ぶ）の基本的な考え方（目的）と研修内容を整理し、堤防に関する変状事例を収集・分類・分析し、再現する変状（案）を選定した。また、整備予定地において地中レーダ探査による埋設物調査、ボーリング調査、三次元レーザー測量による地形調査を行い、これら資料をもとに変状を配置した堤防モデルの設計検討を行った。また、周辺が住宅街であることを鑑み、盛土に伴う周辺構造物の変異等影響及び景観への影響検討も行った。

平成30年度は、当事務所敷地内に盛土及び一部変状を再現（配置）した。また、研修講師及び技術エキスパートとの意見交換会で得た助言等をもとに、堤防モデルに再現する変状と、研修等における活用方策について検討を実施した。また、点検における記録取得の流れを確認し、堤防の段階的な機能低下・変状の進行予測・応急対策事例について記載した研修用テキストの作成を行った。さらに、R i M a D I Sのタブレット端末で点検結果を記録するデモンストレーション画面の作成を行った。

3. 調査概要

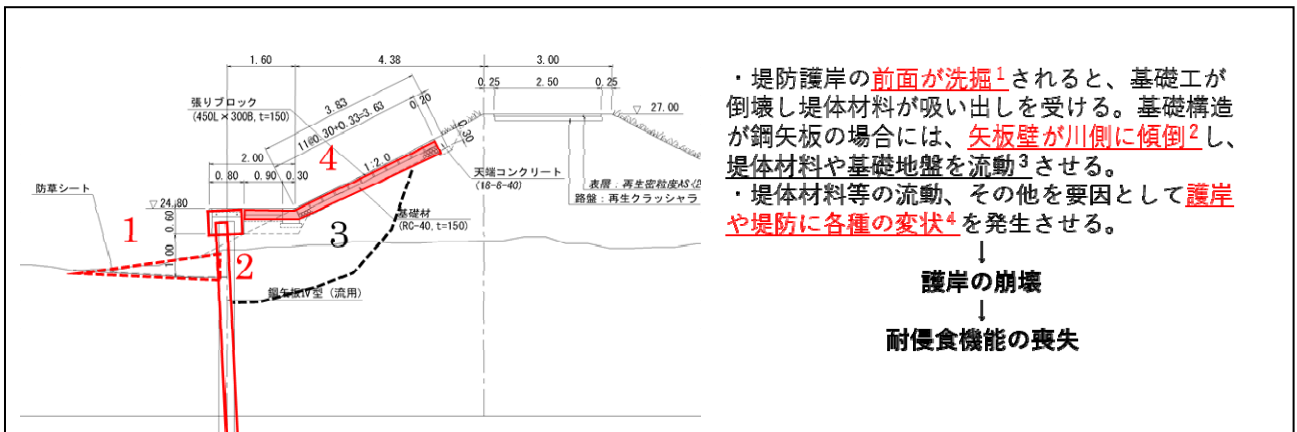
平成31年度は、堤防モデルによる点検技術の研修をより効果的かつ分かりやすく理解してもらうことに主眼において、過年度の検討成果をもとに具体的な変状の種類・配置・規模を新たに整理したうえで再現方法を決定し、堤防モデルへ再現することとした。また、研修用テキストについては、河川構造物の劣化（破堤まで）の因果関係を示す「F T図」を活用したテキスト作成を行うものとした。

3. 1 再現する変状の設定

堤防モデルによる点検技術の研修をより効果的かつ分かりやすく理解してもらうため、過年度の成果に対し、下記の点に着目して再現する変状の種類、配置、規模について新たに整理・設定を行った。

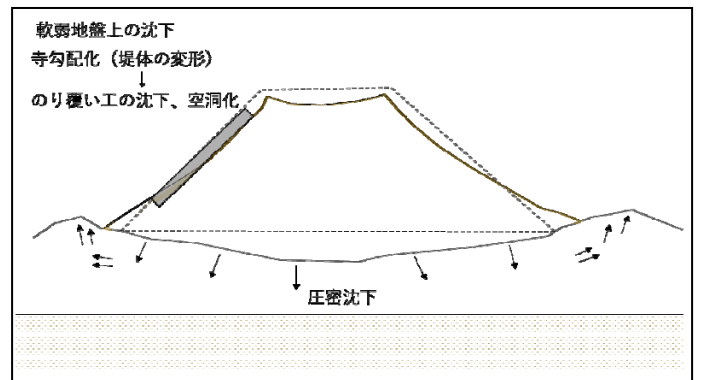
- 着目点① 護岸基礎工が安定性を欠くことによる変状発生過程を表現すること
- 着目点② 軟弱地盤上の沈下等で堤防が変形し変状が発生する過程を表現すること
- 着目点③ 堤防の最も望ましくない頂上事象として「破堤」を表現すること

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。これにより、護岸の機能低下の予兆を把握するために、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、発生過程の説明を下に示す。



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

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。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



図－2 軟弱地盤上の沈下イメージ

確認しやすくするため、築堤履歴断面とともに堤防モデル上流端の横断面周辺を利用することとした。

着目点③については、これまでは「継続監視段階」または「予防保全段階」といった日常点検で見えるような比較的規模の小さな変状を設定していたが、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。

なお、昨年度に再現候補としてあげた「漏水・噴砂」については、出水時あるいは出水後にのり尻から水が染み出す現象を堤防モデルで説明するための仕組みの作成・保持が困難であると考えられたため、再現対象から除外することとした。また、「モグラ等の小動物の穴」についても、植生繁茂による土壌の腐植土化・ミミズの増殖・小動物の増殖といった食物連鎖の延長上にある堤防の弱体化を堤防モデルで説明することが困難であると考えられたため、再現対象から除外することとした。

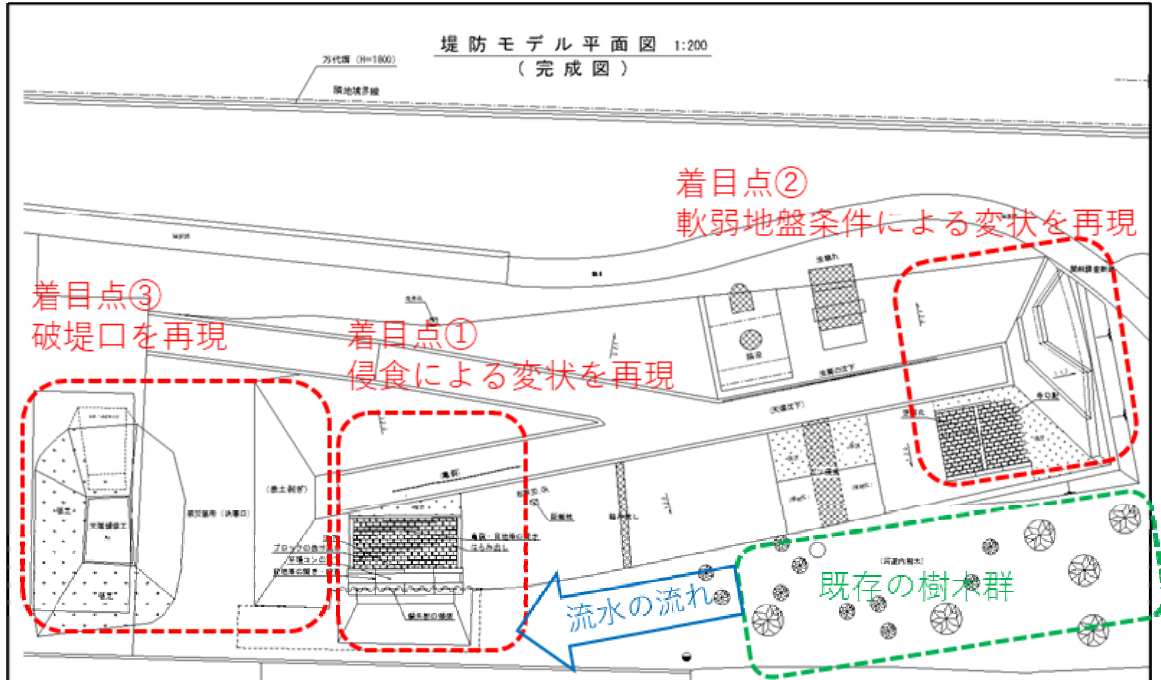
以上を整理し、再現する変状を昨年度の比較とともにまとめたものを表－1に示す。

表－1 再現する変状 一覧表

施設区分	機能	機能低下の状況	変状種別	再現候補 (昨年度案)	再現変状 (見直し後)	備考
土堤	<ul style="list-style-type: none"> ・越水防止機能 ・耐浸透機能 ・耐侵食機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・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堤底保護工の変形	－	－	
			⑥はらみ出し	－	－	
			⑦寺勾配	－	○	追加
			⑧モグラ等の小動物の穴	○	－	除外
			⑨排水不良	－	－	
			⑩樹木の侵入	○	○	元の植生を存置
			⑪侵食（ガリ）・植生異常	○	○	
			⑫漏水・噴砂	○	－	除外
護岸 (堤防護岸、 高水護岸、 低水護岸)	<ul style="list-style-type: none"> ・耐浸透機能 ・耐侵食機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸の損傷 ・漏水の発生 等	⑬護岸の破損	○	○	
			⑭はらみ出し	○	○	
			⑮基礎部の洗垂	－	－	
			⑯堤脚部の侵食	－	－	
特殊堤・ 高津堤防	<ul style="list-style-type: none"> ・耐浸透機能 ・耐侵食機能 ・越水防止機能 ・土留め機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・耐侵食機能 ・土留め機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・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	－	○	追加
			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	－	○	追加
その他（状況設定）			被災箇所の造成（破堤口）	－	○	追加
			偏流に起因する護岸基礎の侵食	－	○	追加
			軟弱地盤条件（開削調査断面）	－	○	追加

3. 2 変状の配置

2. 3. 1 再現する変状の設定 で決定した変状は、着目点毎に状況設定を行い配置するものとした。各ゾーンの位置づけと変状の配置は以下に示すとおりとする。



図—3 各ゾーン（状況設定）の位置づけ

3. 3 研修テキストの作成

研修用テキストについては、過年度に作成した内容に加え、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¹⁾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。

着目点 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

着目点 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

着目点 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

1： 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
—4—

4. 調査結果

4. 1 変状の再現結果

変状を再現した堤防モデルの写真等を以下に示す。

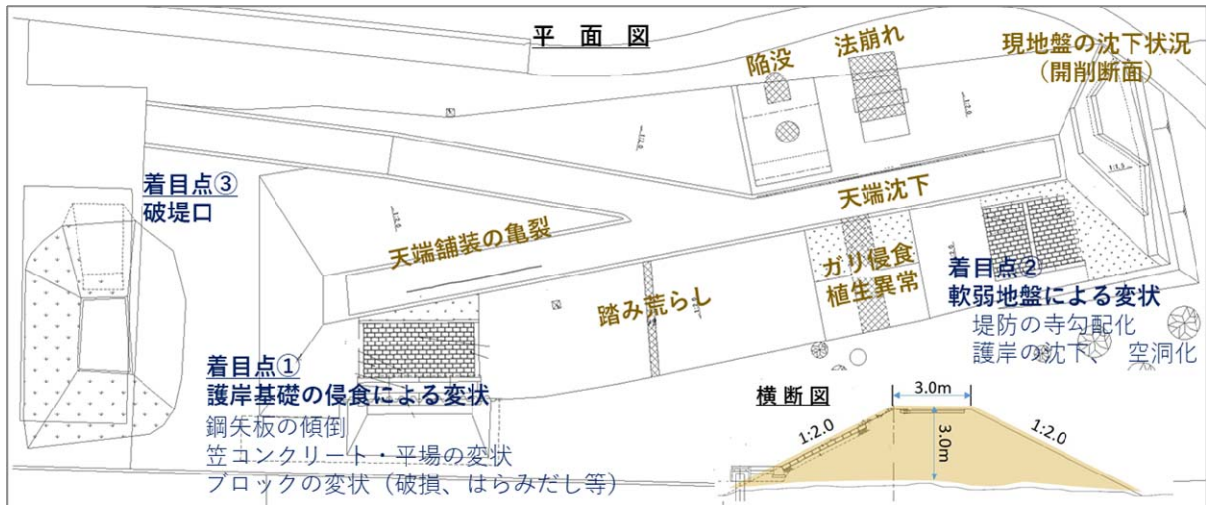
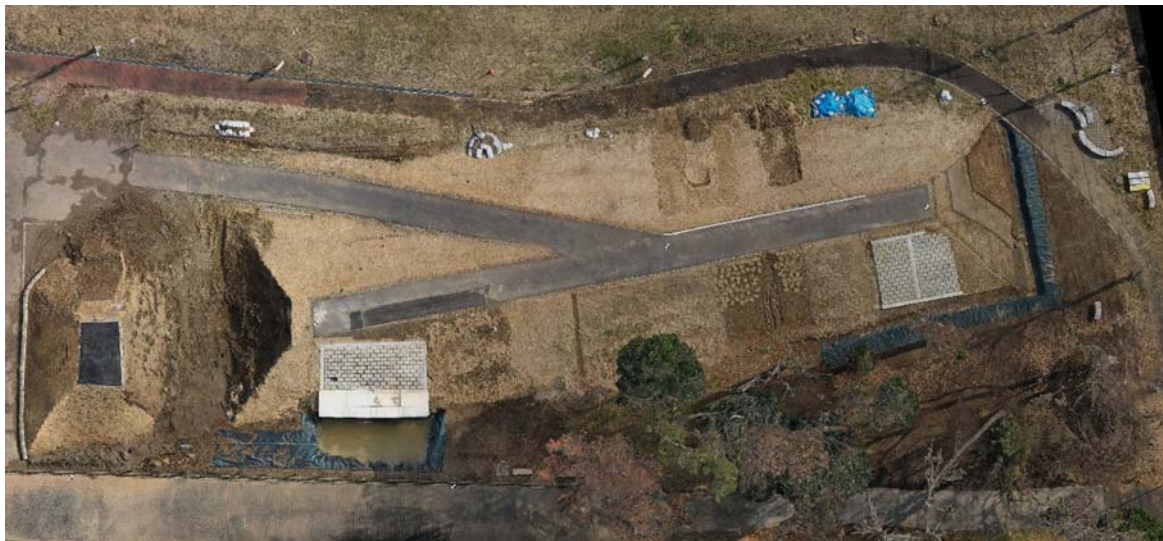


図-4 変状配置図



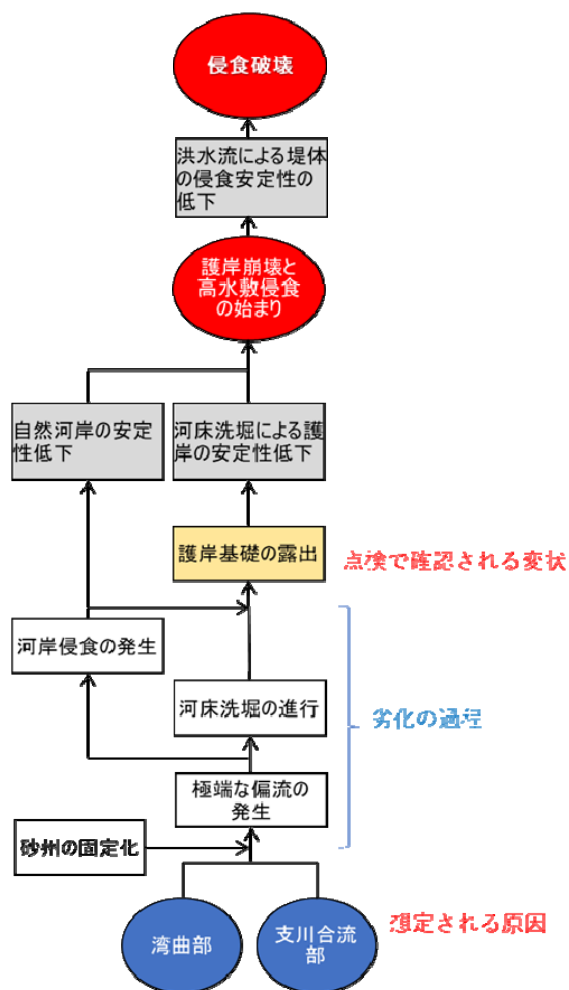
4. 2 研修テキスト

研修テキストの目次構成を図一5に示す。また、変状の要因と進行予測を「FT図」により説明するイメージを図一4に示す。

堤防モデルに再現した変状については、全体のFT図から関連する部分を抜き出し、変状の要因と劣化の予測を整理した。

本 編	
1.点検の基本と計測技術	
2.点検計画と結果の評価・記録	
3.変状の要因と進行予測	← FT図を活用
4.構造物の点検	
別添資料	
堤防モデルの概要	
参考資料	
各種変状に関する概要・図解	
RiMaDIS操作解説	

図一5 研修テキスト目次構成



図一6 「FT図」による劣化の過程イメージ (侵食による護岸の変状)

5. 今後の課題・計画

令和2年度より、本調査にて整備した堤防モデル及び研修テキストを用いて、堤防の点検研修を開始する予定である。堤防モデルを使った研修により、変状をきたす背景や進行の過程に対する知識を習得してもらい、変状に対する対策の優先順位や、詳細調査を実施する際の判断につながることを望む。

また、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。

担当課 維持管理技術課